

СПРАВОЧНИК
МЕХАНИКА



ВОССТАНОВЛЕНИЕ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ РЕМОНТЕ

МЕХАНИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОЛОМАНЫХ И ИЗНОШЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ

Частичное использование изношенных деталей

Частичное использование изношенных деталей оборудования обычно применяется при текущих ремонтах. В этом случае используется та часть обычно дорогой, трудоемкой, металлоемкой или сложной в изготовлении детали, которая не изношена или износ которой невелик и находится в допустимых пределах, изношенная же часть детали удаляется и заменяется вновь изготовленной. Примеры частичного использования изношенных деталей оборудования приведены на фиг. 1—4.

Частичное использование изношенных деталей может быть применено и в случае одностороннего износа винтов и шестерен.

Перевертывание таких деталей (фиг. 5) в некоторых случаях дает возможность повторно их использовать в неразверсивных передачах.

При использовании изношенных ходовых винтов и поломанных валов соедине-

ние их со вновь изготовленной частью вала может быть произведено в соответствии с фиг. 6.

Восстановление деталей механическим обжатием и раздачей

Восстановление некоторых деталей типа втулок может производиться обжатием их под прессом при помощи матрицы и пуансона (фиг. 7). Внутренний диаметр втулки уменьшается при этом на величину износа и припуска на обработку. Наружный диаметр втулки после обжатия наращивают путем металлизации, хромирования или наплавки с последующей обработкой под размер.

Реставрация втулок может также осуществляться путем вырезания паза и сжатия втулки. Уменьшение внутреннего диаметра втулки при ее сжатии дано в табл. 1.

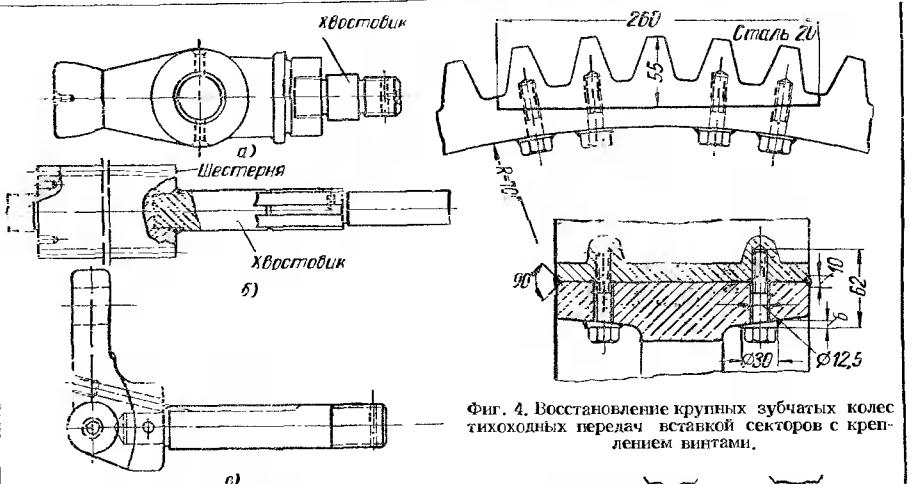
Полые цилиндрические детали, у которых рабочей поверхностью является наружная (например, поршневые пальцы, некоторые конструкции толкателей двигателей внутреннего сгорания и т. п.), могут восстанавливаться раздачей, продавливая на прессе через внутреннее отверстие стальные шарики.

1. Уменьшение внутреннего диаметра втулки при ее сжатии

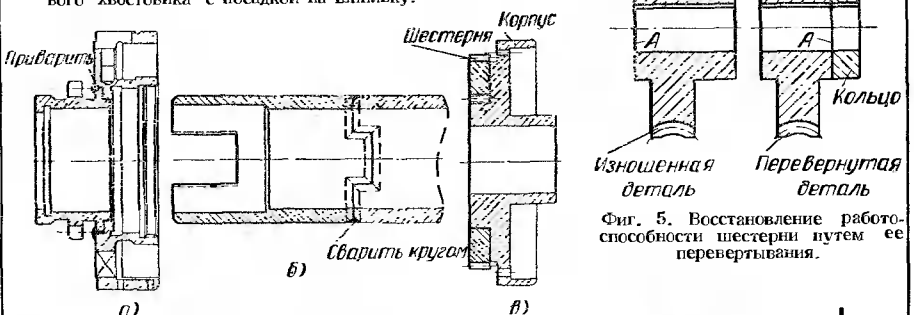
Сжатие паза в мм	0,5	0,8	1,0	1,2	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
Соответствующее уменьшение внутреннего диаметра втулки в мм	0,159	0,255	0,32	0,38	0,48	0,64	0,796	0,96	1,11	1,27

Сжатие паза в мм	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10
Соответствующее уменьшение внутреннего диаметра втулки в мм	1,43	1,59	1,75	1,9	2,1	2,2	2,39	2,54	2,7	2,86	3,02	3,18

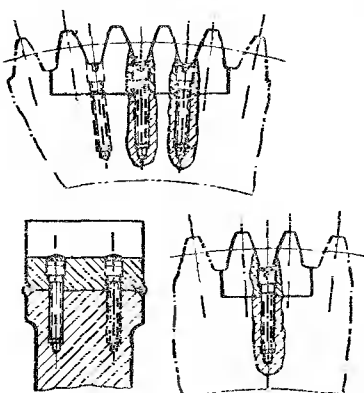
2 ВОССТАНОВЛЕНИЕ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ПРИ РЕМОНТЕ



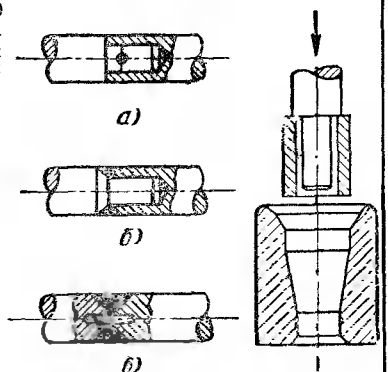
Фиг. 1. Способы восстановления деталей: а — при помощи установки нового хвостовика на резьбе; б — наделка лопового хвостовика запрессовкой с обваркой места соединения; в — запрессовкой нового хвостовика с посадкой на шпильку.



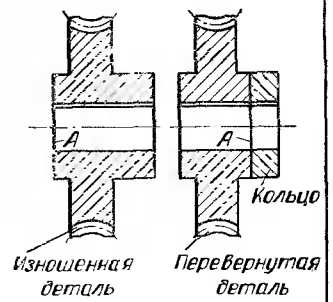
Фиг. 2. Способы восстановления деталей: а и б — исправление корпуса фрикциона и хвостовика шпинделя при помощи установки новой части детали с последующей приваркой; в — наделка взамен изношенной шестерни с закреплением ее резьбовыми шпильками



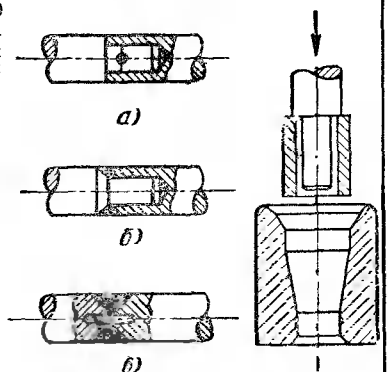
Фиг. 3. Способы восстановления сломанных зубьев крупных зубчатых колес тихоходных передач.



Фиг. 4. Восстановление крупных зубчатых колес тихоходных передач вставкой секторов с креплением винтами.



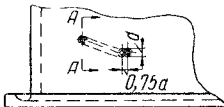

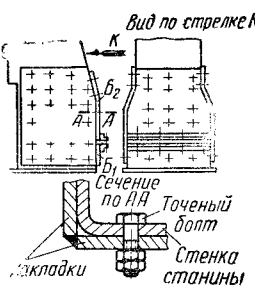
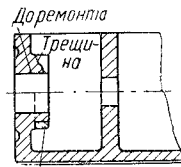
Фиг. 5. Восстановление работоспособности шестерни путем ее перевертывания.



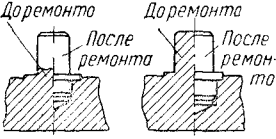
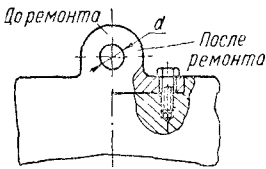
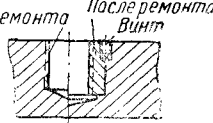
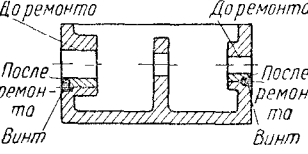
Фиг. 6. Способы восстановления поломанных валов: а — при помощи прессовой посадки наделываемой части и постановкой шпильки; б — при помощи прессовой посадки и обварки места соединения; в — при помощи сварки соединяемых частей.

Фиг. 7. Восстановление втулок обжатием.

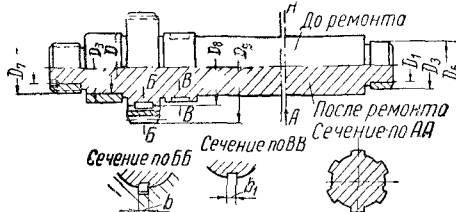

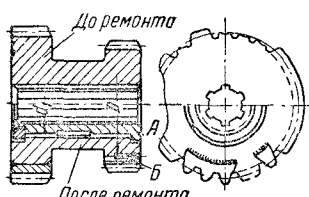
2. Типовые технологические маршруты восстановления поломанных и изношенных деталей оборудования

Характер поломки или дефекты	Способ восстановления	Эскиз	Последовательность выполнения основных операций по восстановлению детали
<i>Корпусные детали (коробки скоростей, коробки передач и т. п.)</i>			
Трещина	Постановка винтов	 <p>Сечение по АА</p>	<p>1) Сверлить отверстия на обоих концах трещины; 2) нарезать в них резьбу; 3) установить винты; 4) сверлить в трещине отверстия под резьбу на расстоянии от центра первого винта, равном $0,75a$; 5) нарезать резьбу и установить винт</p> <p>Примечание. Операции 4 и 5 повторяются до тех пор, пока вся трещина будет заполнена установленными винтами</p> <p>Для обеспечения герметичности при завинчивании винтов необходимо их смазывать суриком</p>
То же	Постановка накладки	 <p>Сечение по АА</p>	<p>1) Определить концы трещины; 2) сверлить отверстия в этих местах; 3) опилить место соприкосновения накладки; 4) зачистить его; 5) наложить накладку и крепить ее к корпусу; 6) сверлить отверстия в накладке и в корпусе под резьбу; 7) снять накладку; 8) нарезать резьбу в корпусе; 9) рассверлить отверстия в накладке под наружный диаметр винтов; 10) установить винты; 11) чеканить края накладки; 12) проверить на герметичность</p>
Трещина	Постановка пластин и накладок	 <p>Вид по стрелке К</p> <p>Сечение по АА</p> <p>Точенный болт</p> <p>Стенка станины</p> <p>Накладки</p>	<p>1) Определить концы трещины; 2) сверлить отверстия в этих местах; 3) опилить и зачистить место соприкосновения пластин и наладок; 4) наложить пластины B_1 и B_2 на корпус и предварительно крепить их к нему; 5) разметить отверстия на установленных пластинах; 6) сверлить отверстия под резьбу; 7) снять пластины; 8) нарезать резьбу в корпусе; 9) рассверлить пластины под наружный диаметр винтов; 10) окончательно крепить болтами пластины к корпусу; 11) стянуть пластины B_1 и B_2 с целью уменьшения ширины трещины; 12) наложить накладки на лицевую и тыльную стенки корпуса; 13) предварительно крепить их к нему; 14) разметить отверстия на накладках; 15) сверлить отверстия под резьбу; 16) снять накладки и рассверлить в них отверстия под наружный диаметр винтов; 17) нарезать резьбу в корпусе; 18) окончательно крепить винтами накладки к корпусу</p>
Трещина или скол на бобышке	Напрессовка бандажа	 <p>Доремонтно</p> <p>После ремонта</p>	<p>1) Обточить бобышку в размер под запрессовку бандажа; 2) напрессовать бандаж; 3) подрезать торцы</p>

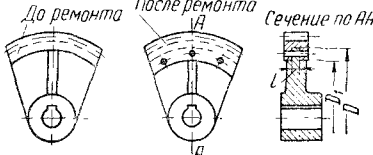
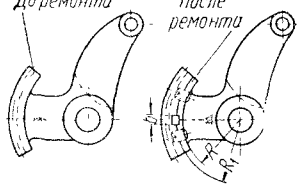
Продолжение табл. 2

Характер поломок или дефекты	Способ восстановления	Эскиз	Последовательность выполнения основных операций по восстановлению детали
Поломка выступающей части	Запрессовка или постановка на резьбе накладки		1) Фрезеровать, строгать или срубить отломанную выступающую часть; 2) сверлить отверстия под развертку или нарезку резьбы; 3) развернуть отверстие или нарезать резьбу; 4) запрессовать или ввернуть наделку
Поломка кронштейна, ушка, прилива и т. п.	Постановка отломанной части на винтах		1) Фрезеровать или строгать отломанный кронштейн и место под новый кронштейн; 2) установить новый кронштейн и разметить отверстия в корпусе по отверстиям кронштейна; 3) сверлить отверстия под резьбу в корпусе; 4) нарезать резьбу; 5) снять заусенцы; 6) установить кронштейн; 7) крепить его к корпусу болтами; 8) сверлить отверстия под контрольные штифты; 9) развернуть отверстия; 10) установить штифты; 11) расточить отверстия по диаметру d в размер
Износ резьбы в отверстиях	Запрессовка втулки		1) Сверлить отверстие и развернуть его под запрессовку втулки; 2) запрессовать втулку; 3) сверлить отверстия под стопорные винты в месте соединения втулки с корпусом; 4) нарезать резьбу и установить стопорные винты; 5) нарезать резьбу во втулке
Износ отверстий	Запрессовка втулок		1) Расточить отверстия под запрессовку втулок; 2) запрессовать втулки; 3) сверлить отверстия под резьбу в месте соединения втулки с корпусом; 4) нарезать резьбу; 5) установить винты; 6) расточить отверстия в запрессованных втулках под размер оправки; 7) проверить согласованность расположения расточенных отверстий по отношению к другим отверстиям; 8) переустановить корпус в соответствии с определенными размерами; 9) окончательно расточить отверстия в запрессованных втулках

Продолжение табл. 2

Характер поломок или дефекты	Способ восстановления	Эскизы	Последовательность выполнения основных операций по восстановлению детали
		<i>Ступенчатые вали</i>	
Износ шеек	Напрессовка втулок	 <p>1) Зачистить центры; 2) рихтовать; 3) точить до диаметров D и D_1 под напрессовку втулок; 4) запрессовать втулки; 5) точить по диаметрам D_2 и D_3 с припуском под шлифование; 6) шлифовать по диаметрам D_2 и D_3 до требуемого размера</p>	
Износ зубьев	Напрессовка венца	<p>1) Зачистить центры; 2) рихтовать; 3) точить до размера D_3 под напрессовку венца; 4) фрезеровать паз b; 5) установить шпонку; 6) запрессовать вторичную венец; 6) точить по диаметру D_3 до размера; 7) нарезать зубья; 8) снять заусеницы</p>	
<i>Шпиндели на подшипниках скольжения</i>			
Искривление шпинделя	Правка и шлифование	 <p>1) Рихтовать; 2) снять забоины в конусных отверстиях с диаметрами d и d_1; 3) установить пробки в конусных отверстиях по диаметрам d и d_1; 4) подрезать торцы у пробок и зацентрировать их; 5) шлифовать все наружные рабочие поверхности до удаления биения; 6) снять пробки; 7) шлифовать конусное отверстие по диаметру d до удаления биения</p>	
Износ шеек	Шлифование шеек	<p>Восстановление производится по процессу, установленному для случая исправления шпинделя при искривлении со следующими изменениями: в операции 5 шлифование производится только шеек по диаметрам D и D_1 до ремонтного размера. После операции 5 осуществляется полирование шеек с диаметрами D и D_1</p>	
Износ конусного отверстия	Запрессовка переходной втулки	<p>1) Расточить конусное отверстие до размера d_2 под переходную втулку; 2) шлифовать конусное отверстие d_2; 3) установить переходную втулку; 4) шлифовать конусное отверстие переходной втулки</p>	
<i>Зубчатые колеса</i>			
Износ шипового соединения у закаленного зубчатого колеса	Запрессовка втулки		<p>1) Отжиг; 2) растачивание отверстия по диаметру d_1 с припуском под шлифование; 3) долбление шпоночной канавки; 4) закалка и отпуск; 5) шлифование отверстия по диаметру d_1 до размера; 6) запрессовка втулки</p>

Продолжение табл. 2

Характер поломок или дефекты	Способ восстановления	Эскиз	Последовательность выполнения основных операций по восстановлению детали
Износ зубьев у закаленного зубчатого колеса	Напрессовка зубчатого венца		1) Отжиг местный; 2) калибрование отверстия; 3) точение D с припуском под шлифование; 4) фрезерование шпоночного паз; 5) шлифование по диаметру D до размера; 6) напрессовывание зубчатого венца; 7) сверление отверстий под винты, нарезание резьбы и установка винтов
Износ зубьев у незакаленного зубчатого колеса	То же		1) Точить по диаметру D под запрессовку венца; 2) фрезеровать шпоночный паз; 3) напрессовывать венец; 4) сверлить отверстия под резьбу; 5) нарезать резьбу; 6) установить винты; 7) нарезать зубья; 8) зачистить заусенцы Примечание. Перед расточкой отверстия зубчатое колесо, установленное в патроне или специальном приспособлении, проверяется по начальному диаметру в соответствии с техническими условиями. Втулка A и зубчатый венец B до установки обрабатываются полностью. У зубчатого венца B внутреннее отверстие и торцы не заливаются с целью его крепления к корпусу в месте сопряжения от возможного осевого перемещения. Операция отжига должна производиться только в тех местах, которые подвергаются обработке резцом
Зубчатые секторы			
Износ зубьев	Установка сектора		1) Точить по диаметрам D , D_1 и ширине I до размеров; 2) пригнать сектор к корпусу и установить его; 3) сверлить совместно с корпусом отверстия под болты или цилиндрические штифты; 4) установить болты или штифты
То же	То же		1. Фрезеровать изношенный сектор до размера R_1 ; 2) пригнать поверхности опоры к сектору; 3) зачистить; 4) фрезеровать паз b ; 5) установить шпонку; 6) пригнать поверхности сопряжений; 7) установить сектор; 8) сверлить отверстия под винты; 9) нарезать резьбу; 10) установить винты Примечание. Зубчатые секторы изготавливаются из зубчатых венцов, которые разрезаются на части

СКЛЕИВАНИЕ

Клеи, применяющиеся при ремонте оборудования

При ремонте оборудования клеи могут применяться для соединения и исправления деталей. При помощи клеев можно склеивать как металлические детали, так и любые неметаллические изделия с метал-

лами (резина, пластмасса, кожа, стекло и др.). Применение склеивания в ряде случаев позволяет значительно упростить восстановление и ремонт изношенных и поломанных деталей.

В табл. 3 приведены основные технические характеристики клеев, используемых при восстановлении и ремонте деталей, а в табл. 4 — оптимальные параметры склеивания.

3. Характеристика клеев, применяемых при восстановлении и ремонте изношенных и поломанных деталей оборудования

Основные параметры	Названия и обозначения клеев			
	Карбинольные клеи-цементы (31ФАМУ-52)		Карбинольный клей (чистый)	БФ-2 (ТУ МХП 1367-49) БФ-4 (ТУ МХП 1367-49)
1. Рецепттура клея	Технического карбинола 100 вес. ч., перекиси бензоила 2,5—3 вес. ч., наполнителя 250 вес. ч.	Карбинольного сиропа 100 вес. ч., перекиси бензоила 2,5 вес. ч., наполнителя 5—250 вес. ч.	Карбинольного сиропа 100 вес. ч., перекиси бензоила 2,5 вес. ч.	Спиртовые растворы специальных синтетических смол
2. Внешний вид клея	Вязкая однородная масса (до пастообразной консистенции) цвета наполнителя		Вязкая прозрачная жидкость оранжево-красного цвета	Прозрачные или слегка мутные жидкости от желтого до буро-красного цвета
3. Удельный вес клея	Зависит от удельного веса и количества введенных в клей наполнителей		0,895—0,91	0,846—0,867 0,82—0,852
4. Сухой остаток (содержание нелетучих) в %	—	—	—	14—17 10—13
5. Наличие механических примесей в клее	Допускается в пределах ТУ на наполнителе		Нет	
6. Гарантийный срок хранения клеев	Гарантийный срок хранения технического карбинола и карбинольного сиропа не менее 6 мес.		Не менее 6 мес.	
7. Твердость клеевой пленки	Различна. Зависит от рода и количества введенного наполнителя		$H_B = 20 \div 24$	0,85—0,86 по маятниковому аппарату 0,5—0,82 по маятниковому аппарату
8. Эластичность	Неэластичны, хрупки		3 по шкале НИИЛК 1 по шкале НИИЛК	
9. Теплостойкость	Ограниченно стойки		32 часа при температуре 150° С	—
10. Термостойкость	То же		—	При температуре 180° С отсутствие трещин на сгибе
11. Морозостойкость	То же		При температуре —60° С на образце	Отсутствие трещин
12. Водостойкость	То же		Ограниченно стойки	

Основные параметры	Названия и обозначения клеев			
	Карбинольные клеи-цементы (319АМТУ-52)	Карбинольный клей (чистый)	БФ-2 (ТУ МХП 1367-49)	БФ-4 (ТУ МХП 1367-49)
13. Маслостойкость	Стойки			
14. Бензостойкость	Стойки			
15. Керосиностой- кость	Стойки			
16. Кислотостой- кость	Ограниченно стойки		Устойчив против дей- ствия минеральных не- окисляющих кислот (до 20% концентрации)	—
17. Щелочестой- кость	Ограниченно стойки		—	Устойчив против дей- ствия щелочей до 40% концентрации
18. Грибостойкость	Стойки			
19. Механическая прочность клеевых соединений: предел прочности при сдвиге при 18—25° С то же при +60° С то же при —60° С предел прочности при отрыве	Сталь—сталь			Дуралюмин—дуралюмин
	До 180—200 кг/см ²	До 300 кг/см ²	До 230—240 кг/см ²	Не менее 100 кг/см ²
	" 120—160 "	" 200—250 "	" 120—200 "	" " 65 "
	" 100 "	" 150—170 "	" 80—90 "	" " 65 "
	До 160—170 кг/см ²	До 270—280 кг/см ²	До 200 кг/см ²	Не менее 100 кг/см ²
				Не менее 100 кг/см ²
20. Вибростойкость (вибропрочность)	После 6-часовой вибрации с частотой колебаний 55 гц, перегрузкой 4g, последующей тряски при частоте 15 гц и амплитуде 3,5 мм клеевое соединение прочности не теряет		—	После 6-часовой вибрации с частотой колебаний 55 гц, перегрузкой 4g, последующей тряски при частоте 15 гц и амплитуде 3,5 мм клеевое соединение прочности не теряет
21. Средняя пробив- ная напряженность поля при температу- ре 23°С	—		Порядка 100—110 кв/мм При температуре 150° С снижается на 25—30%	

Названия и обозначения клеев				
Основные параметры	Карбинольные клеи-цементы (319АМТУ-52)	Карбинольный клей (чистый)	БФ-2 (ТУ МХП 1367-49)	БФ-4 (ТУ МХП 1367-49)
22. Область применения при ремонте оборудования	<p>При замене склеиванием резьбовых и шпоночных соединений и при их контровке как средство закрепления изношенных соединений этого типа в различных материалах (металлы, бетон, мрамор, кирпич, пластмассы и т. д.)</p> <p>При замене склеиванием или упрочении прессовых посадок; при склеивании криволинейных поверхностей и тел вращения взамен сварки, пайки, развальцовки и т. п.</p> <p>Для заделки раковин, трещин и устранения пористости черного и цветного литья. Для склеивания неподверженных ударным нагрузкам деталей и узлов оборудования (станины, корыта, ванны, корпуса бабок и суппортов, штурвалы, шкивы, пластмассовые, фарфоровые и стеклянные детали); для склеивания абразивных камней и насадки их на оправки и валы.</p> <p>В качестве герметизирующих масс для конструкций, работающих под давлением и вакуумом; армировочных масс для оснастки и изделий; ограниченно электроизоляционных масс; ограниченно кислото-щелочестойких покрытий и облицовок; масло-бензостойких и ограниченно водостойких облицовок; как конструктивно-подделочный материал.</p> <p>Наиболее высокую прочность склеивания карбинольные клеи-цементы обеспечивают при склеивании стали и чугуна, несколько ниже дуралюмина, меди и ее сплавов. Склеивание неметаллических материалов в большинстве своем отличается вполне удовлетворительной прочностью. Клеи-цементы технологичны в применении</p>	Имеет весьма ограниченное применение и употребляется в основном только в случаях, когда необходима прозрачность клеевого шва	<p>Предназначаются для склеивания самых различных материалов (металлы, пластмассы, стекло, бумажные и текстильные материалы) как между собой, так и в самых различных сочетаниях друг с другом.</p> <p>Применяются при склеивании прямолинейных поверхностей, когда требуется повышенная теплостойкость, сопротивление ударным нагрузкам и эластичность, а также высокие диэлектрические свойства клеевого шва; для упрочения и герметизации прессовых, напряженных и плотных посадок (при отсутствии зазора между сопрягаемыми поверхностями); для контровки резьбовых соединений без применения нагрева; в качестве высокоэлектроизоляционных лаков (особенно БФ-2), а также связующей основы теплоэлектроизоляционных масс; в качестве антикоррозионных и декоративных покрытий.</p> <p>Например, для клея БФ-2 удельное объемное сопротивление равно $5 \cdot 10^{18}$ ом·см, удельное поверхностное сопротивление $2,5 \cdot 10^{18}$ ом</p> <p>Примечание. Клеи могут применяться в виде пленок, приготовленных из растворов, что часто является более удобным.</p>	

Основные параметры	Названия и обозначения клеев		
	БФ-6 (ТУ МХП 1726-48)	ПУ-2 (АМТУ 342-54)	ВИАМ-БЗ, КБ-3 (инструкции ВИАМ № 45-50 и 47-50)
1. Рецептура клея	Спиртовой раствор специальных синтетических смол	Продукт полимеризации, органических соединений. Рецептура: продукта № 24 (50%-ный раствор в ацетоне) 200 вес. ч., продукта № 102-Т 100 вес. ч., цемента портландского просушенного и просеянного через сито № 200, марки 400—25 вес. ч.	Фенольно-формальдегидной смолы ВИАМ-Б 100 вес. ч., отвердителя 1400 вес. ч. <i>a</i> Ацетона или спирта 10 вес. ч., фенольно-формальдегидной смолы Б 1800 вес. ч. отвердителя 100 вес. ч. <i>a</i>
2. Внешний вид клея	Прозрачная или слегка мутная жидкость от светло-желтого до красноватого цвета	Однородная непрозрачная вязкая масса (до пастообразного состояния) серого цвета	Однородные сиропообразные мало-вязкие и прозрачные в тонких слоях жидкости. Цвет не нормируется
3. Удельный вес клея	0,83—0,854	—	—
4. Сухой остаток (содержание нелетучих) в %	8—20	—	—
5. Наличие механических примесей в клее	Нет	Допускается в пределах ТУ на наполнитель	Нет
6. Гарантийный срок хранения клеев	Не менее 3 мес.	Гарантийный срок хранения компонентов клея указан в соответствующих ТУ на компоненты	Срок хранения смол до 6 мес.
7. Твердость клеевой пленки	0,79—0,82 по маятниковому аппарату	—	—
8. Эластичность	1 по шкале НИИЛК	Эластичный	—
9. Теплостойкость	32 часа при температуре 150° С	Ограниченно стоек	Ограниченно стойки

Основные параметры	Названия и обозначения клеев		
	БФ-6 (ТУ МХП 1726-48)	ПУ-2 (АМТУ 342-54)	ВИАМ-БЗ, КБ-3 (инструкции ВИАМ № 45-50 и 47-50)
10. Термостойкость	—	Ограниченно стоек	Ограниченно стойки
11. Морозостойкость	При температуре 60° С отсутствие трещин на образце	Ограниченно стоек	Ограниченно стойки
12. Водостойкость	Ограниченно стоек	Ограниченно стоек	Стойки
13. Маслостойкость	Стойк	—	Стойки
14. Бензостойкость	Стойк	—	Стойки
15. Керосиностойкость	Стойк	—	—
16. Кислотостойкость	—	—	Стойки
17. Щелочестойкость	—	—	—
18. Грибостойкость	Стойк	—	Стойки

Основные параметры	Названия и обозначения клеев		
	БФ-6 (ТУ МХП 1726-48)	ПУ-2 (АМТУ 342-54)	ВИАМ-БЗ, КБ-3 (инструкции ВИАМ № 45-50 и 47-50)
19. Механическая прочность клеевых соединений: предел прочности при сдвиге при 18—25° С то же при +60° С то же при -60° С	Ткань—ткань Не менее 5,5 кг/см ²	Дуралюмин—дуралюмин (анодиро- ванный с хромпиком) Не менее 140 кг/см ² " " 120 " " 120	Древесина — древесина (ясень или дуб) Не менее 130 кг/см ² Эксплуатация клеевых соединений при температуре, превышающей 75° С, не рекомендуется
20. Вибростойкость (вибропроч- ность)	Вибростоек	Вибропрочен	Ограниченно стоек
21. Средняя пробивная напряжен- ность поля при температуре 20°С	Порядка 90 кв./мм	—	—
22. Область применения при ре- монте оборудования	Для склеивания текстильных ма- териалов (тканей, фильтрополотен, транспортных лент и т. д.) и бу- мажных изделий (картон, фибра, бумажное литье), а также как анти- коррозионное, электроизоляционное и декоративное покрытия. Удельное объемное сопротивление 3,5·10 ¹⁴ ом·см. Удельное поверхно- стное сопротивление 2,0·10 ¹³ ом	Предназначается для склеивания дуралюмина со стеклотекстолитом, пенопластом и других неметалличе- ских материалов с металлами в слу- чаях, когда от клеевого соединения требуется повышенная теплостой- кость и морозостойкость при высо- кой механической прочности, а так- же более высокое сопротивление ударным нагрузкам. Клей может применяться для склеивания деталей и узлов оборудования из самых раз- нообразных сочетаний материалов.	Для склеивания древесных, бумаж- ных, текстильных материалов и пла- стических масс; в качестве защитных покрытий деревянных конструкций

Основные параметры	Названия и обозначения клеев	
	88 (ТУ МХП 1542-49)	Б-10 (ТУ МХП 1668-50)
1. Рецептура клея	Раствор резиновой смеси № 31 и бутилфенол-формальдегидной смолы в смеси этилацетата с бензином в соотношении 2 : 1	Раствор резиновой смеси на основе нитрильного каучука и специальной синтетической смолы в смеси бензола с ацетоном в соотношении 5 : 1
2. Внешний вид клея	Однородная вязкая жидкость от светло- до темно-серо-коричневого цвета	Однородная вязкая жидкость черного цвета
3. Сухой остаток (содержание нелетучих) в %	30±2	30
4. Наличие механических примесей в клее	Нет	
5. Гарантийный срок хранения клеев	3 мес.	
6. Эластичность	Эластичный	
7. Теплостойкость	Ограниченно стойк	
8. Термостойкость	Ограниченно стойк	
9. Морозостойкость	Ограниченно стойк	
10. Водостойкость	Ограниченно стойк	
11. Маслостойкость	Ограниченно стойк	
12. Бензостойкость	Ограниченно стойк	
13. Керосиностойкость	Ограниченно стойк	
14. Грибостойкость	Ограниченно стойк	
15. Механическая прочность клеевых соединений: предел прочности при отрыве	Резина № 56-В — сталь или дюралюмин Через 24 часа после склеивания не менее 11 кг/см ² , через 48 час. не менее 13 кг/см ² Через 24 часа после склеивания не менее 2 кг/см, через 48 час. не менее 2,5 кг/см	Нитрильная смесь — металл 40 кг/см ²
предел прочности при отслаивании (расслаивании)		—
16. Вибростойкость (вибропрочность)	Стойк	
17. Область применения при ремонте оборудования	Для крепления холодным способом резины к металлам, стеклу и другим материалам, а также для склеивания резины, кожи, текстильных и бумажных материалов, пластмассы, древесины и т. п. в разнообразных сочетаниях между собой	Предназначается для крепления сырых нитрильных резиновых смесей к металлической арматуре методом горячей вулканизации

Основные параметры	Названия и обозначения клеев					
	АК-20 (ТУ МХП 720-41)	АМК (ТУ МХП 1515-50)	РА-6 (ГМН-301) (ВТУ МХП 4082-53)	ГЭ-Н-301 (ТУ МХП 3284-52)	ТП-4 (ВТУ МХП № М464-54)	ПФН-12 (ТУ МХП 4159-54)
1. Рецептура клея	Раствор нитроцеллюлозы и смолы в смеси органических растворителей с добавлением пластификаторов	Раствор глифталевой смолы в смеси органических растворителей	Спиртовой раствор специальных смол	Невулканизированная масса, состоящая из смолы и резиновой смеси	—	Пылевидный поливинилбутираль, модифицированный фенольноформальдегидной смолой и наполненный минеральным наполнителем
2. Внешний вид клея	Прозрачная вязкая жидкость от светло-желтого до светло-коричневого цвета	Прозрачная вязкая жидкость желтого цвета	Прозрачная, вязкая жидкость коричнево-красного цвета	Эластичная каучукоподобная пленка (шкурка) серо-коричневого цвета	Твердая паста — твердый, слегка гибкий вальцованный листовый материал светлокоричневого или темнокоричневого цвета	Тонкий пылевидный порошок светлосерого цвета
3. Сухой остаток (содержание нелетучих) в %	Не менее 20	Не менее 62	Не менее 14	Может применяться в виде ацетонного или безоло-ацетонного раствора с содержанием от 5 до 40% сухого вещества	Может применяться в виде ацетонного или этилацетонного раствора с содержанием сухого вещества от 5 до 50%	Порядка 96—98 (содержание летучих не более 3,5)
4. Наличие механических примесей в клее	Нет					
5. Гарантийный срок хранения клеев	1 год	—	Не менее 6 мес	—	Не менее 3 мес.	
6. Твердость клеевой пленки	—	—	—	—	—	Сопротивление прямому удару 50 кг/см
7. Эластичность	Эластичен					
8. Теплостойкость	Ограниченно стойк				Не выше 50°C	Ограниченно стойк

Основные параметры	Названия и обозначения клеев					
	АК-20 (ТУ МХП 720-41)	АМК (ТУ МХП 1515-50)	РА-6 (ГМН-301) (ВТУ МХП 4082-53)	ГЭ-Н-301 (ТУ МХП 3284-52)	ТП-4 (ВТУ МХП № М464-54)	ПФН 12 (ТУ МХП 4159-54)
9. Термостойкость	Ограниченно стоек					
10. Морозостой- кость	Ограниченно стоек				Стойк	
11. Водостойкость	Ограниченно стоек	Стойк	Ограниченно стоек	Стойк		Ограниченно стоек
12. Маслостой- кость	—	—	Стойк	Ограниченно стоек	Стойк	
13. Бензостойкость	—	—	Стойк	Нестойки	Стойк	
14. Керосиностой- кость	—	—	Стойк	Ограниченно стоек	Стойк	
15. Кислотостой- кость	Ограниченно стоек	—	—	—	—	—
16. Щелочестой- кость	Ограниченно стоек	—	Ограниченно стоек	—	—	—
17. Грибостой- кость	Ограниченно стоек	Стойк				
18. Механическая прочность клеевых соединений:	Ткань АЛЛ — фанера	Ткань АОД — дуралюмин (плакированный) или сталь	Сталь — сталь	Сталь — сталь Дуралюмин — дуралюмин	Сталь — сталь Дуралюмин — дуралюмин После затверде- ния при температуре 140—145° С не менее 50 кГ/см ² После нанесения при температуре 18—20° С не менее 15 кГ/см ²	Не менее 190 кГ/см ²
предел проч- ности при сдвиге при 18—25°С	—	—	До 100 кГ/см ²	Не менее 10 кГ/см ²	—	—
то же при +60° С	—	—	• 60 •	—	—	—
то же при —60° С	—	—	• 60 •	—	—	—

Основные параметры	Названия и обозначения клеев					
	АК-20 (ТУ МХП-720-41)	АМК (ТУ МХП 1515-50)	РА-6 (ГМН-301) (ВТУ МХП 4082-53)	ГЭ-Н-301 (ТУ МХП 3284-52)	ТП-4 (ВТУ МХП № М464-54)	ПФН-12 (ТУ МХП 4159-54)
предел прочности при отрыве	—	—	До 100 кг/см ²	Не менее 10 кг/см ²	То же	—
предел прочности при отслаивании (расслаивании)	Не менее 60 кг на 1 пог. м Прочность склеивания при повышенных и отрицательных температурах снижается	Не менее 75 кг на 1 пог. м	—	—	—	—
19. Вибростойкость (вибропрочность)	Вибростоек		Вибростоек			
20. Область применения при ремонте оборудования	Для склеивания специальных тканей (кожи, картона, фибры, бумилита, фетра, войлока, целлулоида, пробки и проч., а также для склеивания этих материалов с древесиной)	Для приклеивания шерстяной, стежканной и хлопчатобумажной теплоизоляции к металлической поверхности (сталь, дюралюмин), а также для склеивания пластмассы, кожи, текстильных и бумажных изделий, стекла, дерева и т. д. в случае, когда от клеевого шва требуются высокие диэлектрические свойства или стойкость в атмосферных условиях	Для герметизации пневматических и гидравлических систем, работающих под давлением до 40—50 атм или под вакуумом, а также для герметизации различных емкостей и резервуаров под жидкие неагрессивные продукты. Может применяться для склеивания различных материалов (металлы, пластмасса, текстильные материалы и т. д.)	Для герметизации пневматических и гидравлических систем, работающих под давлением до 20—25 атм или под вакуумом, а также для герметизации емкостей и резервуаров. Может применяться для склеивания металлов и прочих материалов	Для аварийного и временного ремонта металлической тары (бочек, цистерн и контейнеров) для хранения и транспортировки масел, керосина и бензина; для герметизации емкостей, заполненных нефтепродуктами; для ремонта блоков цилиндров	Для выравнивания швов и заглаживания неровных (замятых) поверхностей на тонколистовых металлических деталях. Для склеивания неплотно подогнанных поверхностей металлических деталей

4. Оптимальные технологические параметры склеивания

Технологические параметры склеивания	Названия и обозначения клеев				
	Карбинольный клей-цемент	БФ-2, БФ-4	ВИАМ-БЗ, КБ-3	88	Б-10
1. Условия приготовления или состояние поставки клея	За 1—4 часа до применения клей готовится из следующих компонентов: карбинольного сиропа, перекиси бензоила и наполнителя (см. табл. 1)	Клей поставляется в виде спиртовых растворов вязкостью 30—60 сек. по ФЭ-36. Технологическая вязкость может быть получена изменением количества спирта в клееном растворе. Клей может применяться в виде пленок	Клей готовится перед применением из следующих компонентов: ВИАМ-БЗ — фенольно-формальдегидная смола, стабилизатор и отвердитель; КБ-3 — фенольно-формальдегидная смола и отвердитель. В зависимости от характера отверждения клея (холодное или горячее) изменяется количество отвердителя	Клей поставляется в виде раствора с концентрацией сухого остатка в пределах $30 \pm 2\%$	Клей поставляется в виде раствора с концентрацией сухого остатка, равной 20%, и вязкостью в пределах 40—80 сек. по ФЭ-36
2. Рабочая вязкость или концентрация клеевого раствора	В пределах жизнеспособности клея	От 10 сек. до 5 мин. по воронке НИИЛК (сопло № 7) в зависимости от применения. Пленки клеев	25—120° по ФЭ-36	Концентрация в пределах $30 \pm 2\%$ сухого остатка	40—80° по ФЭ-36 (сопло № 2)
3. Рабочая жизнеспособность клея	До 8 час. с момента приготовления	Жидкого до 24 час., пленочного порядка 3—6 мес.	До 4 час. с момента приготовления	До 24 час. с момента приготовления	До 12 час. с момента приготовления
4. Расход клея	0,05—1,0 г/см ² и более	80—100 г сухого вещества на 1 м ² поверхности склеивания при двустороннем нанесении	До 350 г/м ²	—	—
5. Оптимальная толщина клеевой пленки	0,05—10 мм и более	0,05—0,25 мм	Порядка 0,1 мм	0,1—0,25 мм	0,1—0,25 мм

Технологические параметры склеивания	Названия и обозначения клеев				
	Карбинольный клей-цемент	БФ-2, БФ-4	ВИАМ-БЗ, КБ-3	88	Б-10
6. Подготовка поверхностей к склеиванию	После подгонки склеиваемые поверхности должны быть зашпорохованы (механическая обработка, опескоструивание, ручная обработка напильником, шкуркой, травление и т. д.) и тщательно промыты и обезжирены ацетоном, бензином, спиртом, смывкой этилацетатом и т. п.	Поверхности должны быть хорошо подогнаны, зачищены шкуркой, опескоструены или механически обработаны и обезжирены ацетоном или бензином	Металлические поверхности зашпороховываются и обезжириваются бензином „Калоша“. Поверхность резины зашкурируется и обезжиривается бензином „Калоша“	Металлические поверхности зашпороховываются и обезжириваются бензином	Металлические поверхности зашпороховываются и обезжириваются бензином
7. Нанесение клея	Двустороннее однослойное кистью, шпателем и т. д. в зависимости от технологической вязкости	Двустороннее, двуслойное (двукратное) нанесение на каждую поверхность кистью, пульверизатором, поливом, погружением и т. д. Подгонка пленки клея по размерам и конфигурации склеиваемых поверхностей	Одностороннее и двустороннее, однослойное и двуслойное нанесение кистью, щеткой, клееносителем (роликовым)	Двустороннее двуслойное (на металлическую поверхность) и однослойное (на поверхность резины) нанесение кистью или эластичным шпателем	Одностороннее трехслойное на металлическую поверхность; на резину клей не наносится. Присклеивание металлических поверхностей нанесение двустороннее трехслойное кистью, поливом или погружением
8. Выдержка (открытая пропитка) перед нанесением последующего слоя клея	Необходима только при склеивании пористых материалов. Время выдержки не устанавливается	Выдержка на воздухе при температуре 18—23° С не менее 1 часа, затем при температуре 55—60° С 15 мин. и охлаждении до температуры окружающей среды (18—23° С). Допускается воздушная сушка без нагрева. При применении пленок необходимости в выдержке нет	Выдержка на воздухе при температуре 18—23° С до 25 мин.	Выдержка на воздухе при температуре 18—23° С до 10 мин.	Первый слой: выдержка на воздухе при температуре 18—23° С 30 мин., затем при температуре 135—140° С 30 мин. Второй слой: выдержка на воздухе при температуре 18—23° С 30 мин., затем при температуре 100—105° С 30 мин.
9. Выдержка (открытая пропитка) перед сборкой — совмещением склеиваемых поверхностей	Нет	Выдержка на воздухе при температуре 18—23° С не менее 1 часа, затем при температуре 55—60° С 15 мин. и при 85—90° С — 50—60 мин. (повышение температуры с 55—60 до 85—90° С в течение 10—20 мин). Допускается воздушная сушка без нагрева. При применении пленок необходимости в выдержке нет	Выдержка на воздухе при температуре 18—23° С до 20 мин.	Выдержка на воздухе при температуре 18—23° С до 5—6 мин. (состояние отлипа)	Выдержка на воздухе при температуре 18—23° С 30 мин., затем при температуре 60—70° С 30 мин.

2*

Технологические параметры склеивания	Названия и обозначения клеев				
	Карбинольный клей — цемент	БФ-2, БФ-4	ВИАМ—БЗ, КБ-3	88	Б-10
10. Выдержка (закрытая пропитка) после сборки, перед запрессовкой	Нет	Допускается выдержка на воздухе в случаях, когда перед сборкой клеевой слой имел состояние отлипа и при запрессовке может иметь место смещение поверхностей склеивания	Выдержка на воздухе при температуре 18—23° С до 30 мин.	Нет	10-кратная прикатка резины к металлической поверхности роликом весом 500—900 Г
11. Запрессовка склеиваемых поверхностей: а) удельное давление; б) время выдержки под давлением	а) До 15 кг/см ² б) Весь период полимеризации клея до твердого состояния (с момента сборки клеевого соединения) Примечание. Запрессовка необходима только в случаях, когда склеивается тонкий материал, детали имеют малый вес, когда без запрессовки невозможно обеспечить необходимое прилегание поверхностей склеивания на деталях сложной конфигурации, или при необходимости получения клеевого шва минимальной толщины	а) От 0,5 до 10 кг/см ² , в зависимости от толщины склеиваемого материала; б) период сушки (термообработки) клеевого соединения, включая время, потребное на остывание склеенных объектов в запрессованном состоянии до температуры окружающей среды (18—23° С). При склеивании пленочными клеями удельное давление должно быть порядка 10 кг/см ²	а) До 6 кг/см ² б) При склеивании с нагревом до 3 час., при склеивании без нагрева до 15 час. Возможно склеивание без давления (запрессовки)	а) Не менее 2 кг/см ² ; б) период сушки клеевого соединения, а при сушке с нагревом включая и время, потребное на остывание склеенного объекта в запрессованном состоянии	а) Не менее 10 кг/см ² ; б) период вулканизации, включая время, потребное на остывание склеенного объекта в запрессованном состоянии
12. Режим сушки (термообработка) клеевого шва; температура сушки; время выдержки при данной температуре	При температуре сушки 18—23° С время выдержки 24 часа; при температуре 2—10° С—48 час., а при температуре от—10 до—20° С—7 суток и более Примечание. Возможна сушка с нагревом до 45—50° С в течение 12—16 час.	При температуре сушки 150—160° С время выдержки 1 час Примечание. При снижении температуры сушки необходимо увеличивать время выдержки. Для БФ-4 температура сушки может быть снижена до 60° С при увеличении времени выдержки до 12 час.	При температуре сушки 13—25° С время выдержки 18—24 часа, а при температуре 60° С—до 2 час.	При температуре сушки 18—25° С время выдержки 1—2 суток Примечание. Склеивание возможно при температуре сушки 120—140° С и времени выдержки 1—2 часа	При температуре сушки 143° С время выдержки 45 мин.
13. Выдержка клеевого соединения до обработки или испытаний	Не менее 3 суток	Не менее 24 час. после склеивания	При склеивании с подогревом через 3 часа после охлаждения; при склеивании без подогрева через 12—32 часа после склеивания	Через 24—48 час. после склеивания в зависимости от необходимой прочности склеивания	Не менее 6 час. после вулканизации

Технологические параметры склеивания	Названия и обозначения клеев				
	РА-6 (ГМН-301)	ГЭ-Н-301	АК-20	ТП-4	ПФН-12
1. Условия приготовления или состояние поставки клея	Клей-герметик поставляется отдельными компонентами: спиртовой раствор смолы вязкостью 30—60 сек. по ФЭ-36 и ускоритель, вводимый в раствор смолы перед применением. Клей-герметик может поставляться и в готовом для применения состоянии	Клей-герметик, поставляется в готовом для применения состоянии в виде пленок	Клей поставляется в виде раствора вязкостью 60—80 сек. по ФЭ-36 в готовом для применения состоянии. Технологическая вязкость может быть получена изменением количества органического растворителя в клеевом растворе	Паста поставляется в готовом к применению виде. В некоторых случаях необходим раствор пасты. Для этого предварительно готовится: отвешенное количество пасты нарезается мелкими кусочками и вводится в растворитель, количество которого составляет с должной концентрацией раствора. Растворение происходит при нормальной температуре и периодическом помешивании	Материал поставляется в готовом к применению виде. В некоторых случаях предварительно подготавливается раствор в спирте или ацетоне
2. Рабочая вязкость или концентрация клеювого раствора	30—60 сек. по ФЭ-36 (сопло № 2). Может применяться в виде пленок	—	В поставке	В поставке. В некоторых случаях вязкость раствора определяется факультативно	
3. Рабочая жизнеспособность клея	Жидкого до 10—12 час. пастообразного — порядка 3 мес.	В течение гарантийного срока хранения	До 24 час.	—	—
4. Расход клея	975 г на 1 м ² пленки толщиной 0,1 мм	—	700 г/м ² при четырехкратном нанесении	Не нормируется и определяется в каждом отдельном случае ремонта	
5. Оптимальная толщина клеевой пленки	0,01—5 мм	До 10 мм	0,05—0,25 мм	4—7 мм (в твердом состоянии), при нанесении раствора толщина пленки определяется необходимостью в каждом случае ремонта	Не нормируется и зависит от характера ремонтных работ

Технологические параметры склеивания	Названия и обозначения клеев				
	РА-6 (ГМН-301)	ГЭ-Н-301	АК-20	ТП-4	ПФН-12
6. Подготовка поверхностей к склеиванию	Поверхности перед нанесением клея-герметика должны быть тщательно зашпательованы (опескоструены) и промыты и обезжирены ацетоном	Склеиваемые поверхности зашпательовываются и обезжириваются бензолом или бензином „Кадоша“. Пленка клея-герметика обезжиривается бензолом	См. „Карбинольный клей-цемент, БФ-2, БФ-4“	Перед ремонтом поверхности зашпательовываются и обезжириваются последовательно бензином „Кадоша“ и ацетоном. В некоторых случаях после этого рекомендуется нанесение на поверхности тонкого слоя 20%-ного раствора пасты	То же, что и для клеев типа БФ. Неподогнанные поверхности снижают прочность склеивания
7. Нанесение клея	Одностороннее и двустороннее многократное (в зависимости от эксплуатационных требований и расчетных данных) кистью, пульверизатором, поливом, погружением и т. д.	Подгонка пленки по размерам и конфигурации склеиваемых поверхностей	Двустороннее одно-двуслойное кистью, пульверизатором, поливом, погружением	Поверхности пасты, которые должны соприкасаться с соединяемыми металлическими поверхностями, предварительно смачиваются ацетоном в целях подрастворения поверхностного слоя пасты. После этого прослойка пасты закладывается между склеиваемыми (герметизирующимися) частями или деталями	При исправлении неровностей на металлических поверхностях порошок наносится горячим напылением с применением специальной аппаратуры. При склеивании порошок может быть просто насыпан на склеиваемые поверхности. Склеиваемые поверхности могут быть предварительно разогреты до температуры 120—150° С
8. Выдержка (открытая пропитка) перед нанесением последующего слоя клея	Выдержка первых двух-трех слоев на воздухе при температуре 18—23° С не менее 24 час, последующих слоев 30—40 мин. Допускается выдержка с нагревом при 50—60° С в течение 30—40 мин. Допускается выдержка первых слоев в течение 1 часа	Нет	Выдержка на воздухе при температуре 18—23° С 1 час	При нанесении пасты из раствора межслойная выдержка не менее 1 часа при температуре 18—23° С	—

Технологические параметры склеивания	Названия и обозначения клеев				
	РА-6 (ГМН-301)	ГЭ-Н-301	ЛК-20	ТП-4	ПФН-12
9. Выдержка (открытая пропитка) перед сборкой — совмещением склеиваемых поверхностей	Выдержка на воздухе при температуре 18—23° С до 2—3 мин. (состояние отлипа). При герметизации, не связанной со склеиванием поверхностей, выдержка последнего слоя на воздухе должна быть не менее 1 часа. Допускается сушка с нагревом до 50—60° С в течение 1 часа	Нет	Выдержка на воздухе при температуре 18—23° С до 2—3 мин. (состояние отлипа)	Рекомендуется выдерживать смоченные ацетоном поверхности прокладки из пасты до состояния отлипа. При многослойном нанесении пасты из раствора межслойная выдержка должна быть не менее 1 часа	—
10. Выдержка (закрытая пропитка) после сборки, перед запрессовкой	См. „БФ-2, БФ-4“	Нет	См. „БФ-2, БФ-4“	—	—
11. Запрессовка склеиваемых поверхностей: а) удельное давление; б) время выдержки под давлением	При герметизации, связанной со склеиванием: а) порядка 3—5 кг/см ² ; б) не менее 24 час.	а) Не менее 10 кг/см ² ; б) период вулканизации, включая время, потребное на охлаждение склеенного объекта в запрессованном состоянии	Давление при склеивании не обязательно	Удельное давление порядка 10 кг/см ² . Время выдержки под давлением не менее ½ час.	Удельное давление при запрессовке в случае склеивания порядка 5 кг/см ² . Время выдержки под давлением при термообработке клеевого шва в течение 1 часа
12. Режим сушки (термообработки) клеевого шва: температура сушки; время выдержки при данной температуре	а) 18—23° С; б) не менее 24 час. Возможна сушка с нагревом до 150—160° С в течение 1—2 час.	а) 143±2° С; б) 45 мин.	а) 18—23° С; б) 18—24 часа	При температуре 13—23° С не менее 2 час	а) Температура сушки (термообработка) 160—170° С; б) время выдержки 1 час
13. Выдержка клеевого соединения до обработки или испытаний	При холодном отверждении пленок не менее 10 суток, при горячем отверждении не менее 24 час. после склеивания или нанесения герметизирующего покрытия	Не менее 8 час. после вулканизации	Через 24 часа после склеивания	Не менее чем через 2 часа после склеивания	Через 24 часа после склеивания

Применение карбинольного клея-цемента

Приготовление клея. Клей готовится за 3—4 часа до употребления в количестве, требующемся для выполнения данной работы. Необходимое количество клея определяется из расчета 0,1 г на 1 см² склеиваемой поверхности.

Клей изготавливают по следующему рецепту: карбинольного сиропа 100 вес. ч.; перекиси бензоила 2,5% веса сиропа; наполнителя — портландского цемента марки 400—600 или технического талька 50—100% веса сиропа.

Приготовление клея производится при нормальной комнатной температуре.

Для приготовления клея в фарфоровую, стеклянную или эмалированную посуду (ступку) отвешивается или в мерной посуде отмеривается необходимое количество карбинольного сиропа и перекиси бензоила, предварительно просушенной на воздухе, растертой и просеянной через сетку № 0085. По внесении перекиси бензоила карбинольный сироп изменяет свой цвет, приобретает темно-зеленую окраску, а по мере растворения перекиси при растирании приобретает первоначальный цвет и прозрачность. Практически растворение перекиси бензоила в сиропе производится в течение 30—50 мин. в зависимости от температуры карбинольного сиропа и окружающего воздуха, а также от активности катализатора.

По растворении перекиси бензоила клей выдерживается в состоянии покоя 5—10 мин. — (до исчезновения пузырьков воздуха в его массе и на поверхности), после чего в него вносится заранее подготовленный согласно рецептуре сухой просеянный наполнитель и растирается в течение 8—10 мин. до образования однородной массы.

Склеивание должно производиться вязким клеем, консистенции густой сметаны (вязкость 25 мин. по воронке НИИЛК, сопло № 7), практически через 2—4 часа после приготовления.

Ремонт водяной рубашки компрессора. Подготовить заплату из листовой стали толщиной 1—1,5 мм, шириной 80—100 мм; длина заплаты должна быть больше длины трещины на 20—50 мм на сторону. Снять фаски с наружной стороны заплаты. Пропескоструить или зачистить наждачной бумагой покрываемую клеем поверхность заплаты, а также поверхность водяной рубашки под заплату. Разделать

канавку вдоль трещины размером 1,5—2 мм на сторону и глубиной 1,5—2 мм, засверлить отверстия по концам трещины диаметром 2,5—3 мм на глубину 2—3 мм. Обезжирить ацетоном или бензином «Калоша» зачищенную поверхность рубашки и выдержать до полного выветривания растворителя, затем залить клеем разведенную канавку и трещину и нанести слой клея на подготовленную поверхность под заплату. Рекомендуется предварительная заливка трещины жидким клеем с последующим выполнением указанных выше операций вязким клеем. Нанести вязкий клей на обезжиренную поверхность заплаты, наложить заплату на трещину и притереть. Прижать заплату грузом из расчета 1 кг/см². Вытесненный при запрессовке наложением груза клей нанести по периметру заплаты в виде фальцевого шва. Выдержать наклеенную заплату под грузом при температуре 18—30° С в течение 24 час., после чего снять давление, опилить или зачистить шкуркой наплывы клея и произвести соответствующее испытание.

Приклеивание наделок и накладок, склеивание поломанных деталей и втулок Для компенсации износа направляющих металлорежущих станков прибегают к постановке при их ремонте на направляющие кареток, салазок и столов наделок или накладок соответствующей толщины. Обычно они закрепляются на винтах (чаще всего бронзовых или медных).

Трудоемкость установки наделки значительно снижается при постановке не на винтах, а на клее.

Приклеивание таких компенсирующих накладок, а также склеивание сломанных деталей и вклеивание втулок для устранения зазора между втулкой и корпусом производится по следующей технологии:

- 1) обезжиривание поверхностей склеивания и просушка их в комнатных условиях;
- 2) нанесение вязкого клея на обе склеиваемые поверхности, совмещение их и притирка или запрессовка деталей;
- 3) удаление обтирочным материалом вытесненного клея;
- 4) просушка соединения при температуре 18—30° С в течение 24 час.;
- 5) контроль внешним осмотром с последующим проведением типовых испытаний.

Применение клея БФ-2

Склеивание сломанных деталей (металлических и пластмассовых) клеем БФ-2 производится по следующей технологии.

У сломанных деталей предварительно подгоняются недостающие куски, подготавливаются приспособления для соединения и зажима частей детали, обезжириваются поверхности, подлежащие склеиванию.

После обезжиривания и просушки на склеиваемые поверхности наносят ровный слой клея с последующей выдержкой на воздухе в течение 1 часа. Затем повторно наносится слой клея, выдерживается 2—3 мин. до состояния отлипа клеевой пленки, после чего детали соединяют, зажимают в прижимном приспособлении, нагревают до температуры 140—160° С и выдерживают при этой температуре в течение 1,5—2 час., не считая времени прогрева деталей до данной температуры.

После охлаждения деталей давление снимают и производят контрольную проверку прочности соединения по требованию технических условий на данную деталь.

При наличии трещин разделку трещины, подготовку заплат и поверхности склеивания производят аналогично приведенному выше примеру ремонта карбиновым клеем рубашки компрессора. Заплату рекомендуется готовить из плотной ткани, дважды или более промазанной клеем БФ-2. В разделанную канавку вдоль трещины наносится слой клея БФ-2. После выдержки в течение 0,5 часа в канавку затрамбовывается герметик ГЭ-Н-301 (ТУ МХП 3284-52). На поверхность заплат и поверхность корпуса, на которую должна быть наложена заплатка, наносится клей БФ-2 и просушивается на воздухе в течение 1 часа при комнатной температуре. Затем клей наносится повторно, выдерживается 2—3 мин., после чего заплатка ставится на место, тщательно прикатывается резиновым роликом для обеспечения плотного прилегания и поджимается к корпусу давлением 5—10 кг/см².

Для отверждения клеевой шов выдерживается при температуре 120—150° С в течение 1—2 час. После охлаждения узла желательное шестислойное поверхностное покрытие заплатки герметиком РА-6 (ВТУ МХП 4082-53).

Приклеивание феродо. Вместо приклеивания дента и диски феродо могут при-

клеиваться клеем БФ-2. Для наклеивания феродо на металлические поверхности применяется та же технология, что и для склеивания деталей этим клеем.

Электроизоляционные работы. Электроизоляционная замазка на клее БФ-2 для сопротивления и других аналогичных узлов изготавливается и наносится следующим образом.

В клей БФ-2 вносят мраморную пыль (крошку) в количестве 100% веса клея и растирают до получения однородности смеси. Затем наносят на деталь кистью последовательно один на другой три слоя с 30—35-минутной выдержкой между слоями, после чего производят сушку в течение 12—24 час. при комнатной температуре. Отверждение проводят по следующему режиму: выдержка при температуре 50—70° С 1 час; доведение до 170° С и выдержка при данной температуре в течение 1—2 час. После охлаждения изоляционная обложка подвергается испытанию. До температурной обработки и выдержки перед ней рекомендуется лакировка клеем БФ-2 без наполнителя.

Электроизоляционные работы могут производиться клеями БФ-2 и БФ-4 без наполнителя. Эти клеи могут быть применены как покрывные электроизоляционные лаки.

Возможно также производить пропитку этими клеями пористых материалов с целью повышения диэлектрических характеристик.

Склеивание прочими клеями

Склеивание кожаных ремней клеем 88.

Для склеивания кожаного ремня клеем 88 срезают склеиваемые концы ремня «на ус» по длине не менее 70—100 мм. Наносят слой клея 88 на обе поверхности и выдерживают на воздухе 8—10 мин., после чего операцию нанесения повторяют с последующей выдержкой 4—5 мин. Далее, соединяют и притирают склеиваемые поверхности и зажимают шов в приспособлении (планки и струбцины) с последующей выдержкой в течение 24 час. Выдержка в течение 3 суток увеличивает прочность клеевого соединения.

Приклеивание феродо клеем ПУ-2. Клеем ПУ-2 феродо приклеивается следующим образом. Через 2 часа после приготовления клеевая паста наносится щетинной кистью на зачищенные шкуркой или пропескоструенные, обезжиренные поверх-

ности колодки и тормозной ленты. Клеевой слой выдерживается на воздухе в течение 40 мин. при нормальной комнатной температуре, после чего склеиваемые поверхности соединяются и спрессовываются с удельным давлением $3-5 \text{ кг/см}^2$. В зависимости от марки феродо склеиваемый узел выдерживается при температуре 90°C в течение 3 час. или при температуре 110°C в течение 2 час. После охлаждения на воздухе до комнатной температуры нагрузка снимается, производится зачистка клеевого шва и испытание согласно техническим условиям или эксплуатационным требованиям.

Заделка пробойн в баках и резервуарах пастой ТП-4. Поверхность металла вокруг пробойны на 15—20 мм зачищается напильником или шкуркой, затем зачищенная поверхность тщательно обезжиривается ацетоном путем протирания тампонами. По удалении ацетона с поверхности металла на нее наносится тонкий ровный слой 10—20%-ного раствора ТП-4 в ацетоне или этилацетате.

Одновременно из листа пасты толщиной 4—7 мм для прикрытия пробойны вырезается кусок размером, соответствующим подготовленной под заклепку поверхности.

Вырезанный кусок пасты смачивается посредством тампона ацетоном по поверхности, подлежащей сопряжению с подготовленной под заклепку металлической поверхностью, для подрастворения пасты и выдерживается до образования на поверхности отличного состояния пленки.

После этого кусок пасты накладывается подрастворенной поверхностью на подготовленное ремонтируемое место и тщательно приглаживается в течение 3—5 мин. к металлической поверхности деревянной обжимкой.

Наложенный таким образом слой выдерживается в покое не менее 1 часа (желательно под постоянным давлением).

В случае необходимости получения особо высокой прочности соединения рекомендуются следующие мероприятия:

1) перед наложением слоя пасты на ремонтируемое место накладывается текстильная прокладка (бязь, миткаль, брезент), предварительно пропитанная раствором пасты и по поверхности подрастворенная ацетоном, после чего на эту прокладку накладывается слой пасты;

2) термообработка наложенной прокладки и слоя пасты может быть произведена специальным приспособлением или просто нагревом до температуры $50-170^\circ \text{C}$

металлической пластиной, закрывающей всю поверхность слоя пасты; выдержка при термообработке рекомендуется в пределах 0,25—1 часа в зависимости от толщины прокладки пасты и теплоотдачи на деталь;

3) по верху слоя пасты также может быть наложена текстильная накладка, предварительно пропитанная раствором пасты, с целью упрочнения ремонтируемого места.

Таким же способом, но без применения термообработки может производиться ремонт резервуаров, заполненных жидкостью, когда жидкость вытекает или просачивается через пробойну.

МЕТАЛЛИЗАЦИЯ РАСПЫЛЕНИЕМ

Сущность способа и его особенности

Металлизация распылением — один из способов нанесения металлических покрытий на поверхность различных материалов. Сущность способа состоит в распылении металла и его распылении струей сжатого воздуха на мелкие частицы; находясь в высоконагретом состоянии, они при ударе об изделие деформируются и, внедряясь в неровности поверхности, сцепляются с ней и друг с другом, образуя слой металлического покрытия.

Особенностями нанесения металлических покрытий способом металлизации являются:

1) несложность технологического процесса и портативность оборудования, позволяющие производить металлизацию объектов по месту их нахождения;

2) возможность нанесения покрытий как из черных, так и цветных металлов на изделия из различных материалов — металлов, керамики, пластмасс, дерева и др.;

3) возможность получения покрытий значительной толщины (например, при металлизации шеек осей, валов и других деталей до 10 мм на сторону);

4) отсутствие нагрева изделия, а следовательно и изменений структуры основного металла изделия, что устраняет возможность возникновения внутренних напряжений, способных вызвать образование трещин или деформацию изделия.

Кроме восстановления изношенных деталей машин, металлизация может применяться для защиты от коррозии, исправления дефектов литья, повышения жаростойкости сталей (алитирование) и нанесения декоративных покрытий.

Аппаратура для металлизации

Процесс металлизации осуществляется с помощью специальных аппаратов, которые делятся на газовые и электрические. В аппаратах газового типа плавление металла осуществляется в пламени ацетилено-кислородной или другой газовой смеси. В электрических аппаратах плавление металла производится посредством электрической дуги, образуемой между двумя проволоочными электродами. Имеют-

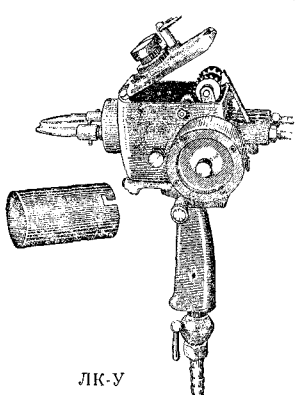
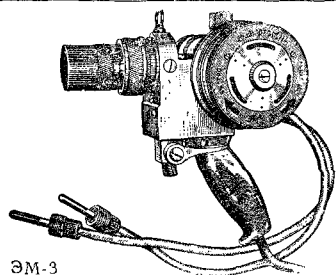
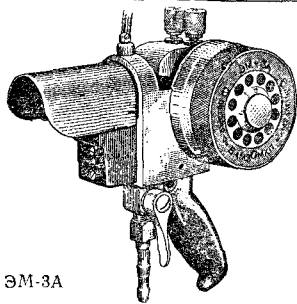
ся также аппараты, работающие на порошковидном и кусковом металле.

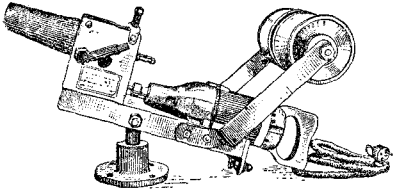
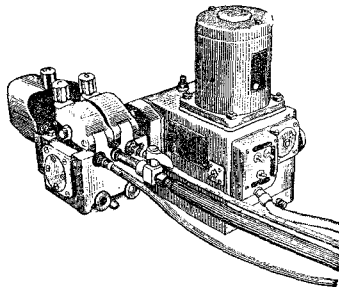
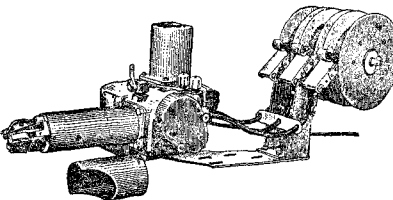
По конструктивному выполнению различают аппараты ручного и станочного типов.

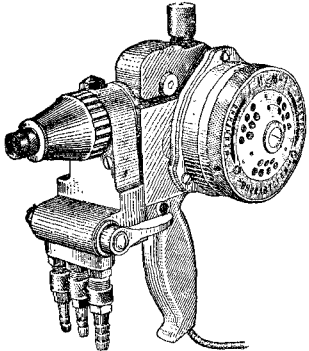
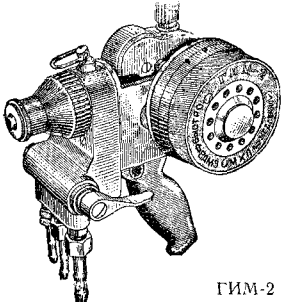
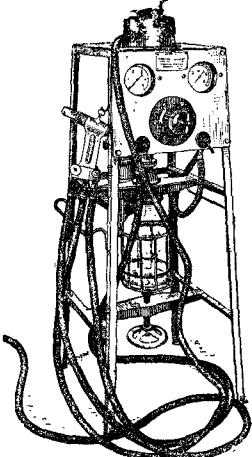
Перечень применяемых в СССР металлизационных аппаратов и данные для выбора их типа приведены в табл. 5—7.

Аппараты электродугового типа более удобны в эксплуатации, так как не требуют применения кислорода и горючего

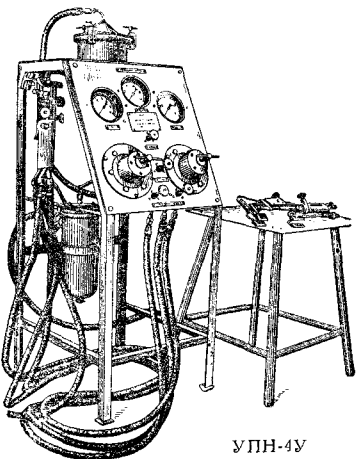
5. Металлизационные аппараты отечественных конструкций

Название моделей	Отличительные особенности	Основное назначение
 <p>ЛК-У</p>	<i>Электродуговые, ручного типа</i>	
	Привод механизма подачи от воздушной турбины. Регулировка скорости подачи проволоки посредством дросселирования воздуха краном	Аппарат универсального назначения, применяется для легкого вида работ вручную и на станках
 <p>ЭМ-3</p>	Привод от воздушной турбины повышенной мощности. Имеется центробежный регулятор числа оборотов, обеспечивающий постоянство скорости подачи и поддержание заданного режима работы	То же
 <p>ЭМ-3А</p>	Отличается от аппарата ЭМ-3 наличием улучшенной расплывательной головки, обеспечивающей более ценный срок службы и стабильность горения электрической дуги	По желанию заказчика комплектуется угловой головкой УГ-1А, предназначенной для металлизации внутренних поверхностей труб, глубоких отверстий и т. п.

Название моделей	Отличительные особенности	Основное назначение
 <p>ЛК-6А</p>	<p><i>Электродуговые, станочного типа</i></p> <p>Приводом служит электрическая дрель типа ФД-100. Регулирование скорости подачи проволоки посредством реостата сопротивления</p> <p>Предназначен для работ по металлизации тел вращения. Устанавливается на суппорте токарного станка. По производительности аналогичен аппарату ЛК-У</p>	
 <p>ЭМ-6</p>	<p>Высокопроизводительный аппарат, работающий как на переменном, так и на постоянном токе. Привод от электродвигателя, рассчитанного на длительную непрерывную работу. Снабжен бесступенчатым фрикционным регулятором числа оборотов. Имеет указатель скорости подачи, позволяющий устанавливать и соблюдать заданный режим работы. Передаточный механизм заключен в масляной ванне</p>	<p>Применяется для всех видов работ по металлизации тел вращения с установкой на станке. Позволяет выполнение как легких, так и тяжелых работ, в том числе восстановление крупногабаритных деталей</p>
<p>ЭМ-6А</p>	<p>От аппарата ЭМ-6 отличается наличием улучшенной распилильной головки и повышенной производительностью</p>	<p>То же</p>
 <p>МТГ</p>	<p>МТГ — металлизационная трехпроводочная головка является сменным узлом, устанавливаемым на аппарат ЭМ-6 или ЭМ-6А взамен нормальных головок. Комплектуется установочной плитой и блоком катушек для проволоки. Снабжена коробкой скоростей, позволяющей регулировать состав компонентов в покрытии</p>	<p>Предназначена для нанесения антифрикционных псевдосплавов на внутренние и наружные поверхности втулок, подшипников и т. д.</p>

Название моделей	Отличительные особенности	Основное назначение
 <p>ГИМ-1</p>	<p><i>Газовые, ручного типа</i></p> <p>Привод и регулирование такое же, как и в аппаратах ЭМ-3 и ЭМ-3А. Работает на кислородно-ацетиленовой смеси. Имеет инжекторное устройство, позволяющее пользоваться ацетиленом от сварочных генераторов давлением от 400 мм вод. ст.</p>	<p>Применяется для всех видов металлизации. Благодаря маневренности и надежности особенно удобен для потолочных работ, внутри сосудов и т. п.</p>
 <p>ГИМ-2</p>	<p>От аппаратов ГИМ-1 отличается конструкцией распылительной головки, позволяющей применять как ацетилен, так и газы-заменители — метан, пропан-бутановую смесь, нефтегаз и др.</p>	<p>То же</p>
<p>ГИМ-2А</p>	<p>От аппарата ГИМ-2 отличается конструкцией распылительной головки и меньшим весом</p>	<p>Имеет угловую головку УГ-2А для металлизации внутренних поверхностей труб, глубоких отверстий и т. д. Поставляется по указанию заказчика</p>
 <p>УПН-1</p>	<p><i>Порошковые аппараты</i></p> <p>Работает на порошковых материалах. Стоит из ручной распылительной горелки и питателя. Для работы горелки требуется ацетилен и сжатый воздух</p>	<p>Предназначен преимущественно для нанесения покрытий из пластмасс. Позволяет также нанесение легкоплавких порошковых металлов с температурой плавления до 500° С</p>

Продолжение табл. 5

Название моделей	Отличительные особенности	Основное назначение
 <p style="text-align: center;">УПН-4У</p>	От УПН-1 отличается более совершенной схемой и конструкцией Комплектуется горелками ГЛН для напыления пластмасс или ГТН для напыления тугоплавких материалов	Горелка ГТН позволяет наносить покрытия из порошковых металлов — цинка, алюминия, бронзы и др. (за исключением стали)
<p>Примечание. Аппараты ЭМ-3А, ЭМ-6А, ГИМ-2А и УПН-4У выпускаются Барнаульским аппаратно-механическим заводом. Остальные марки с производства сняты, но широко распространены и продолжают эксплуатироваться в промышленности.</p>		

6. Техническая характеристика металлizaционных аппаратов электродугового типа

Характеристика	Тип аппарата			
	ЛК-У	ЭМ-3А	ЛК-6а	ЭМ-6А
Вес без шлангов в кг	1,7	2,2	20	21
Диаметр применяемой проволоки в мм	1,0—1,6	1,0—2,0	1,0—1,8	1,5—2,5
Рабочее давление сжатого воздуха в атм	5—6	4,5—6,0	5—6	4—6
Расход сжатого воздуха в м³/мин	1,5	0,8—1,2	1,5—2,0	0,8—1,0
Максимальная скорость подачи проволоки в м/мин	2,1	2,5	—	4,8
Производительность (по количеству расплавленного металла) в кг/час:				
при распылении стали диаметром 1,5 мм	1,0—1,2	3,5	1,0—1,2	8
при распылении цинка диаметром 2,0 мм	3,0	5	—	12

газа. Газовые металлзаторы меньше изнашиваются и лучше электрических по условиям труда (отсутствии резкого шума, вредного действия света электрической дуги и др.).

Качество покрытий, получаемых при газовой и электрической металлзации, практически равноценно.

При электрометаллизации питание аппаратов может производиться как переменным, так и постоянным электрическим

током*. Применение последнего обеспечивает повышение стабильности горения дуги, увеличение производительности в 1,5—2 раза, снижение удельного расхода электроэнергии и уменьшение шума.

* В последнее время начинают применяться высокочастотные металлizaционные аппараты (в частности на Горьковском автозаводе), в которых расплавление проволоки производится в индукторе, питающемся от установки ТВЧ, Ред.

7. Техническая характеристика газового аппарата ГИМ-2

Наименование	Величина	Наименование	Величина
Общий вес без шлангов в кг . .	2,4	ацетилена в л/час	300—660
Диаметр применяемой проволоки в мм	1,1—2,0	пропан-бутана в л/час	180—360
Скорость подачи проволоки (максимальная) в м/мин	4,5	нефтегаза в л/час	330—850
Предел регулирования подачи	1:5	смешанного газа (городского) в л/час	380—1000
Рабочее давление в кг/см ² : сжатого воздуха	3—5	Число оборотов воздушной турбины в минуту	25 000
кислорода	2—5	Передающее число редуктора	648
Расход: сжатого воздуха в м ³ /час	0,6—0,8	Сила тяги механизма подачи в кг	До 35
кислорода в л/час	900—1700		

Источником питания металлизационных аппаратов постоянным током обычно являются сварочные генераторы.

Режимы металлизации на переменном и постоянном токе приведены в табл. 8 и 9.

Режим работы и производительность газовых аппаратов зависят от рода применяемого горючего газа и распыляемого металла (табл. 10).

8. Режимы и производительность аппарата ЭМ-5 при работе на переменном токе

Распыляемый металл	Диаметр проволоки в мм	Скорость подачи проволоки в м/мин	Напряжение тока в в	Сила тока в а	Производительность в кг/час	Распыляемый металл	Диаметр проволоки в мм	Скорость подачи проволоки в м/мин	Напряжение тока в в	Сила тока в а	Производительность в кг/час
Сталь	1,6	1,0	20	110—120	1,8	Латунь	1,5	1,0	20	50—60	2,0
		2,5	25	220—230	4,5			2,0	20	110—120	4,0
		4,5	30	370—380	8,1			3,5	20	240—250	7,0
	2,0	1,0	25	120—130	2,4		2,0	1,0	15	140—150	3,2
		2,0	30	220—230	5,8			1,5	25	170—180	4,8
		4,5	30	430—500	13,0			3,0	25	350—360	9,6
Медь	1,5	1,0	20	40—50	1,8	Алюминий	2,0	2,0	15	60—70	1,8
		1,5	25	60—70	2,7			3,0	25	150—160	2,7
		3,5	30	240—250	6,3			4,5	30	260—270	4,0
	2,0	1,0	25	140—150	3,4	Цинк	2,0	1,0	16	45—50	2,7
		2,0	30	200—210	6,8			2,0	16	85—90	5,4
		3,5	30	420—430	12,0			4,5	25	195—200	12,1

9. Режим и производительность аппарата ЭМ-6 при работе на постоянном токе
(для генератора СМГ-2Г напряжением холостого хода 60° а)

Распыляемый металл	Диаметр проволоки в мм	Скорость подачи проволоки в м/мин	Установочные положения на генераторе		Рабочий режим		Производительность в кг/час
			траверса сдвига шеток	регулятор тока в а	Напряжение в в	Сила тока в а	
Сталь	1,6	1,0	I	65	34	55	1,8
		2,5	II	125	32	130	4,5
		4,5	II	185	30	210	8,1
	2,0	1,0	I	85	30	70	2,9
		2,0	II	145	28	160	5,8
		4,0	III	205	26	320	11,6
Медь	1,5	1,0	I	85	45	45	1,8
		2,5	II	125	40	100	4,5
		4,5	II	205	40	175	8,1
	2,0	1,0	I	85	40	60	3,4
		2,0	II	125	36	120	6,8
		4,5	III	170	30	225	15,3
Латунь	1,5	1,0	I	45	30	40	1,8
		2,0	I	45	20	60	3,6
		4,5	II	125	28	150	8,1
	2,0	1,0	I	45	18	60	3,2
		2,5	II	85	18	130	8,0
		4,5	II	165	18	240	14,4
Алюминий	1,5	3,5	III	120	40	95	2,1
		4,5	III	120	34	135	2,7
Цинк	2,0	3,0	I	55	18	65	8
		4,5	I	95	18	110	12

Примечание. При повторно-кратковременном режиме (ПКР), равном 100%, предельная нагрузка 250 а, при ПКР-75% предельная нагрузка 280 а, при ПКР-50% предельная нагрузка 320 а.

10. Режим работы и производительность аппарата ГИМ-2 при работе на различных горючих газах

Горючий газ	Давление в кг/см ²			Производительность в кг/час по расплавленному металлу						
	сжатого воздуха	кислорода	горючего газа	Сталь		Бронза	Алюминий	Цинк		
				Диаметр проволоки в мм						
				1,5	2,0	1,5	1,5	2,0	1,5	2,0
Ацетилен . . .	3—4	2,5	0,04	0,8	—	1,3	0,7	0,6	1,7	2,0
Общий вес в кг . . .	3—4	3,0	0,3	1,4	1,2	2,2	0,8	1,0	3,8	4,1
Пропан-бутан . . .	3—4	5,0	0,3	1,1	1,4	2,4	1,0	1,3	3,8	5,0
Нефтяной газ . . .	3,0	2,5	0,5	1,3	1,7	1,9	0,6	0,9	3,0	3,4
Смешанный газ (типа городского)	4,0	2,0	0,5	0,9	—	1,9	0,6	1,0	3,0	4,0

11. Техническая характеристика установок УПН для нанесения покрытий из порошковых материалов

Характеристика	УПН-1	УПН-4У с горелкой	
		ГЛН-4	ГТН-4
Габаритные размеры в мм	490×490×1300	410×450×1120	410×450×1120
Общий вес в кг	40	30	30
Вес распылительной горелки в кг	1,1	1,2	1,4
Требуемое давление:			
сжатого воздуха в кг/см^2	1,5—2,0	2—3	2—3
кислорода в кг/см^2	—	—	3—3,5
ацетилена в мм вод. ст.	Не ниже 50	Не ниже 50	Не ниже 200
Расход:			
сжатого воздуха в $\text{м}^3/\text{мин}$	0,2—0,3	0,2—0,3	0,3—0,4
кислорода в $\text{м}^3/\text{час}$	—	—	до 1,9
ацетилена в $\text{м}^3/\text{час}$	0,25—0,3	0,25—0,3	до 1,7
Емкость сосуда-питателя в л	8,5	3,5	3,5
Требуемая степень измельчения порошка в мм	0,15—0,25	0,15—0,25	0,075—0,15
Назначение:	Напыление пластмасс и легкоплавких металлов с температурой плавления до 500° С	Напыление тугоплавких материалов с температурой плавления до 1200° С	

12. Оборудование для металлизационной установки

Наименование, тип	Назначение	Примечание
Оборудование общего назначения		
Масло-водоотделитель линейный МВО-П *	Очистка воздуха, подаваемого из компрессорного отделения, от масла и влаги	При большой влажности воздуха дополнительно устанавливаются постовые фильтры МВО-М
Пескоструйный шкаф *	Подготовка плоских поверхностей и деталей сложной конфигурации	Оборудуется отсасывающей вентиляцией
Пескоструйный револьвер *	Очистка песком (с многократным оборотом абразивного материала)	Снабжается шлангами диаметром 9,5 мм (ГОСТ 71-55) и 19 мм (ТУ МХП 397-А-29)
Кабина для металлизации *	Выполнение всех видов работ по металлизации вручную	Оборудуется отсасывающей вентиляцией
Станок токарно-винторезный любого типа	Подготовка валов, втулок и других тел вращения к металлизации и нанесение на них металлических покрытий	Выбор станка производится в соответствии с размерами изделий
Вытяжной зонт * телескопический	Отсос металлической пыли при металлизации на станке	Устанавливается на суппорте станка и подключается к отсасывающей вентиляционной линии

Наименование, тип	Назначение	Примечание
<i>Дополнительное оборудование для электрометаллизации</i>		
Трансформатор понижающий завода „Электрик“ типа СТЭ-34-2с	Питание электрометаллизационных аппаратов переменным током с напряжением 20—25—30—35 в	Может быть заменен любым сварочным трансформатором (СТ-22, СТ-32, СТ-34 и др.) без дросселя
Сварочный мотор-генератор типа СМГ-2	Питание электрометаллизационных аппаратов постоянным током	Применяется для повышения производительности электрометаллизации
Распределительный щит с приборами	Включение и выключение металлизационной аппаратуры и контроль режима работы	Устанавливается вблизи рабочего места
<i>Дополнительное оборудование для газовой металлизации</i>		
Баллоны для сжатого кислорода	Хранение и транспортировка кислорода	ГОСТ 5313-54
Редуктор кислородный РК-53	Снижение и регулирование давления кислорода	Может быть заменен кислородным редуктором других типов
Баллон для горючего газа (ацетилен, метан, нефтегаз и др.)	Питание аппарата горючим газом	Взамен баллонов возможно применение сварочных ацетиленовых генераторов (например, ГВР-3 и др.), устанавливаемых вне рабочего помещения
Редуктор для горючего газа	Снижение и регулирование давления горючих газов в баллонах	Тип редуктора выбирается в соответствии с применяемым газом
<i>Разное вспомогательное оборудование</i>		
Стойки для укладки проволочных бухт *	Размотка бухт при металлизации	—
Державка	Закрепление ручных металлизационных аппаратов на суппорте станка	—
Приспособление	Изготовление биметаллической проволоки (Pb + Al) для нанесения антифрикционных покрытий	Конструкция Гипронефтемаша (Москва)
Верстак, шланги, инструмент и др.	—	—

* Изготавливается собственными силами по чертежам ВНИИАвтогена.

Строение и свойства металлизационных покрытий

Образуемый при металлизации слой изобилует мелкими порами, вследствие чего удельный вес напыленного металла на 8—12% меньше, чем нормальных металлов.

Под действием высоких температур и кислорода воздуха при распылении имеет место частичное выгорание отдельных элементов металла (табл. 13) и образование на поверхности частиц пленки оксидов. При ударе об изделие частицы претерпевают резкое охлаждение и деформацию. Таким образом, процесс метал-

лизации сопровождается изменением химического состава, структуры и физических свойств распыляемого металла.

Сцепление частиц друг с другом и с основанием носит чисто механический характер и основано на силах адгезии; сплавления или сваривания частиц при металлизации не происходит. Прочность сцепления стального покрытия толщиной в 1 мм, нанесенного на сталь (по методу отрыва по нормали к покрываемой поверхности), в зависимости от вида подготовки поверхности составляет 100—300 кГ/см². Такая сила сцепления позволяет производить обработку покрытий резанием и применять их для ремонта

13. Изменение состава стали в процессе электрометаллизации (аппарат ЭМ-6)

Марка стали	Содержание элементов в %		
	C	Mn	Si
15	0,16	0,54	0,27
	0,1	0,23	0,12
45	0,5	0,48	0,23
	0,14	0,22	0,075
У8	0,81	0,31	0,2
	0,36	0,14	0,093

Примечание. В числителе — содержание элементов в проволоке до металлизации; в знаменателе — после металлизации

различных деталей, работающих в условиях нормальных статических нагрузок. Покрытия не обладают пластичностью и хрупки, поэтому детали, испытывающие динамические нагрузки и ударное воздействие, металлизироваться не могут.

Собственный предел прочности покрытий, образованных при распылении стали, значительно ниже, чем литого металла (табл. 14). Однако при совместной работе с деталью металлизационные покрытия отличаются прочностью, при которой под действием статических нагрузок их разрушение наступает лишь за пределами упругих деформаций основания. Такое поведение слоя при его низкой пластичности (относительное удлинение для стали $\sim 1\text{--}1,5\%$) объясняется низким модулем упругости распыленной стали (7000 кг/мм^2), вследствие чего напряжения, испытываемые слоем, всегда ниже, чем в основном металле.

При распылении стали твердость покрытий сравнительно с исходным металлом возрастает до 40% и выше. Вследствие этого, а также пористости слоя, способного впитывать в себя до 10% смазки (по объему), металлизационные покрытия отличаются высокой износостойкостью, превосходящей на 40—50% стойкость тех же металлов до металлизации. Весьма важным является свойство металлизированных шеек длительное время работать без доступа смазки и не вызывать заедания при нагрузках в 2—3 раза больших, чем допускают шейки из обычных сталей.

Области применения металлизации при ремонте оборудования

При определении возможности использовать металлизацию для ремонта различных деталей учитывается следующее:

1) нанесение металлизационного слоя позволяет увеличить только геометрические размеры детали (например, диаметр шеек, толщину стенок и т. д.), при этом вследствие низкой собственной прочности распыленного металла прочность восстанавливаемой детали возрастает незначительно и обычно не учитывается;

2) для сцепления металлизационного слоя с поверхностью детали последняя должна быть шероховатой; гладкие поверхности не металлизуются.

3) вследствие хрупкости металлизационных покрытий детали, у которых нанесенное покрытие может подвергаться ударам и динамическим нагрузкам, металлизировать нельзя (например, зубья шестерен, матрицы, штампы и т. п.);

4) углы граней, острые сходы (например, резьба), а также поверхности, на которые нельзя направить струю металла под углом меньшим, чем 45° , металлизации не подвергаются.

14. Механические свойства металлизационных покрытий (ВНИИАвтоген)

Металл	Предел прочности при растяжении в кг/мм^2		Предел прочности при сжатии в кг/мм^2		Твердость H_B	
	ЭМ-3	ГИМ	ЭМ-3	ГИМ	ЭМ-3	ГИМ
Сталь 15	13,7	13,8	68,9	49,7	197	147
" 45	14,1	15,5	64,2	73,0	240	240
" У8	16,2	—	52,0	—	281	—
Латунь Л62	3,8	5,2	18,5	20,4	50	63
Алюминий А99	5,4	5,0	14,2	13,1	27	26
Цинк Ц1	3,4	3,2	11,5	10,7	20	20
Мель М1	8,2	5,4	28,4	32,0	66	64

Основными видами применения металлизации при ремонте оборудования являются:

1) металлизация наружных поверхностей тел вращения (шпинделей станков, шеек валов, осей и т. п.) с целью восстановления размеров изношенных деталей;

2) нанесение покрытий на внутренние поверхности прослабленных гнезд и посадочных отверстий;

3) нанесение антифрикционных покрытий на различного вида подшипники, втулки и т. п.;

4) устранение течи и пористости в черном и цветном литье, в местах заварки, клепаных соединениях и т. п.;

5) заделка раковин, трещин, задиров. В условиях ремонта металлизация находит применение также для защиты от коррозии, повышения жаростойкости сталей алитированием, нанесения декоративных покрытий и др.

Технологический процесс

Технологический процесс металлизации складывается из операций подготовки поверхности (табл. 15), нанесения металлического покрытия и его последующей обработки.

При осуществлении металлизации во всех случаях требуется:

1) пескоструйную очистку поверхности производить сухим и острогранным кварцевым песком;

2) применять для пескоструйной очистки и металлизации воздух, свободный от влаги и масла;

3) защищать подготовленную к металлизации поверхность от прикосновения рук, загрязнения и т. д.;

4) металлизацию производить непосредственно после подготовки поверхности; разрыв во времени между этими операциями должен быть минимальным (1—2 часа);

5) в процессе металлизации не допускать нагрева поверхности покрываемого изделия свыше 70—80° С;

6) струю распыляемого металла направлять на покрываемую поверхность под углом, возможно более близким к 90°.

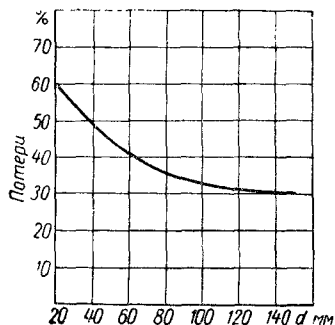
Несоблюдение этих требований ведет к снижению прочности сцепления слоя с основанием и является причиной неудовлетворительных результатов работы.

Металлизация наружных поверхностей тел вращения позволяет наносить на шейки валов, осей, шпинделей, цапф и т. п. покрытия из стали

15. Основные операции по подготовке поверхности

Назначение операции	Способ выполнения	Применение
Очистка поверхности от жировых и других загрязнений	Ручная обтирка ветошью, промывка растворителями (керосином, бензином, дихлорэтаном и др.), обработка в моечных машинах	Во всех случаях
Удаление масла (влаги) из пор металла	Нагрев пламенной горелкой или в печи до температуры 250—300° С до прекращения видимого выделения летучих продуктов сгорания	При металлизации деталей из чугуна и других пористых металлов, работавших в условиях контакта с маслом и другими жидкостями
Снятие с металла окисной пленки и придание поверхности изделия шероховатости для обеспечения сцепления с наносимым покрытием	Пескоструйная очистка сухим крупнозернистым острогранным кварцевым песком размером частиц 1—2 мм. При небольших размерах изделий производится вручную в пескоструйном шкафу при давлении сжатого воздуха 4—6 атм	Преимущественно при подготовке плоских поверхностей и деталей сложной конфигурации, а также шеек и гнезд, предназначенных под прессовую посадку
Устранение неравномерностей выработки, эллипсности, задиров и придание требуемых размеров	Обточка на токарном станке любого типа. Возможно использование одного станка как для подготовки поверхности, так и для металлизации	При металлизации тел вращения
Создание на поверхности тел вращения шероховатости, необходимой для обеспечения сцепления с наносимым покрытием	Нарезка на токарно-винторезном станке рваной резьбы или обработка поверхности пучком электродов, электронискровым, электровибрационным или другим способом	Изделия с высокотвердой поверхностью (закаленные, цементированные и др.) могут быть металлизированы только при подготовке электронискровым или электровибрационным способом

и других металлов толщиной до 10 мм. Подготовка поверхности и нанесение ме-



Фиг. 8. Потери металла при электрометаллизации шеек валов в зависимости от их диаметра.

талла обычно производится при закреплении детали в центрах станка и установке аппарата на суппорте. Толщина покрытия регулируется числом проходов. Потери металла при напылении шеек и гладких поверхностей см. табл. 16 и фиг. 8.

16 Потери металла при электрометаллизации плоскостей в зависимости от угла падения струи

Угол в град.	Потери металла при распылении в %			
	цинка	алюминия	латуни	стали
90	27,5	17,8	35,0	22,0
60	64,1	59,0	69,0	61,0
30	90,4	88,5	91,4	89,0
10	98,5	98,0	99,0	98,2

При восстановлении наружных поверхностей изношенных деталей толщина наносимого слоя должна быть не менее 0,75—1,0 мм на сторону. Если износ меньше этой величины, то шейка перед металлизацией подвергается обточке до соответственного размера.

Последовательность проведения основных операций при восстановлении шеек приведена в табл. 17.

При выборе способа подготовки учитывается ослабление шейки, вызываемое нарезкой рваной резьбы. Для снижения концентрации напряжений вместо рваной резьбы часто применяют другие виды подготовки, пользуясь данными табл. 18.

Режимы токарной обработки металлизированных шеек приведены в табл. 19.

При шлифовании применяются следующие режимы:

Окружная скорость шлифовального круга в м/сек	25—30
Окружная скорость изделия в м/мин	10—20
Подача в мм/об	5—10
Глубина шлифования в мм	0,015—0,04
Шлифовальный круг	Э46СМ—2К
Охлаждение	Эмульсия

Токарная обточка и шлифование металлизационных покрытий производятся с обязательным применением охлаждающих эмульсий. Шейки, работающие в условиях трения, после чистовой обработки подвергаются пропитке в горячем (80—100° С) масле в течение нескольких часов и только после этого могут быть поставлены на работу.

При прессовых соединениях деталей, у которых посадочная поверхность металлизирована сталью, наблюдается значительное повышение предела усталости и увеличение при равных натягах прочности посадки на 8—10%.

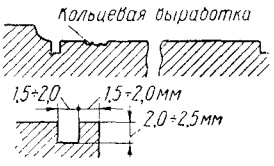
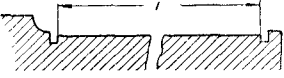
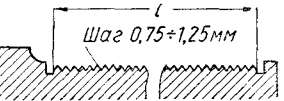
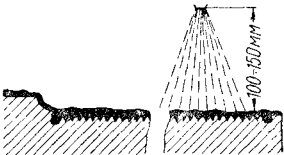

Металлизация внутренних поверхностей применяется с целью уменьшения диаметра различных втулок, посадочных гнезд, глубоких отверстий и т. д. При охлаждении металлизационного покрытия в нем возникают сжимающие напряжения, которые действуют на отрыв слоя от поверхности. Чтобы избежать отслаивания покрытия, при металлизации внутренних поверхностей стремятся возможно более ограничить толщину слоя, которая не должна превышать 1,0—1,5 мм для стали и 2,5—3,0 мм для свинца, цинка и антифрикционных псевдосплавов. Нагрев детали перед нанесением металлизационного слоя до 150—200° С позволяет наносить более толстые покрытия.

Посредством аппаратов с обычными распылительными головками возможна металлизация только таких втулок, у которых глубина $h \leq 0,5 d$, в тех же случаях, когда $h > 0,5 d$, применяются удлинительные угловые головки (фиг. 9), позволяющие наносить металлизационные покрытия на внутренние поверхности втулок диаметром не менее 70 мм и длиной до 500 мм.

Технологический процесс металлизации внутренних поверхностей аналогичен металлизации наружных поверхностей тел вращения (см. табл. 17).

Металлизация плоскостей возможна только в случае нанесения покрытий небольшой толщины: 1,0—1,5 мм для стали и 2,5—3,0 мм для легкоплавких

17. Последовательность операций при металлизации наружной поверхности шеек

Назначение операции	Эскиз	Способ выполнения
Выточка замыкающих канавок на концах шейки под выход реза при последующих операциях. Остатление буртиков для предохранения слоя со стороны торца шейки от забоев и выкрашивания		Отрезным резцом без применения охлаждающих жидкостей
Обточка шейки по длине l для устранения неравномерностей выработки и обеспечения возможности нанесения слоя минимально допускаемой толщины (0,70—1,0 мм на сторону)		Проходным резцом без охлаждающих жидкостей. При износе шейки от 1,5 мм на диаметр и выше операция не производится
Нарезка по длине l рваной резьбы для придания поверхности грубой шероховатости и обеспечения надлежащего сцепления покрытия		Применяется обычный резьбовой резец с передним углом $\gamma = 0^\circ$. Установка реза ниже центра детали на 4—5 мм; вылет 120—150 мм. Нарезка всухую, за один проход, на малых скоростях резания. Выступающие с вершин заусенцы удаляются
Нанесение металлизационного покрытия до заданного увеличения диаметра шейки		Скорость вращения детали 20—30 об/мин. Расстояние от головки аппарата до поверхности шейки 100—150 мм. Припуск на обработку 0,6—1,0 мм при обточке и 0,4—0,6 мм при шлифовании (на сторону)
Обточка и шлифование покрытия для получения требуемых размеров и чистоты поверхности		Обточка резцами с пластинами из твердых сплавов с полукруглой заточкой радиусом 3 мм. Первые проходы при минимальной глубине резания. Обточка и шлифование при обязательном охлаждении эмульсией. Режимы обработки согласно табл. 19.

металлов. В связи с этим, а также трудностью обработки и шабрения стальных покрытий возможность применения металлизации для исправления выработки направляющих станин весьма ограничена.

При ремонте станин металлизация может быть использована для устранения крупных задиров. Так как распыленный металл отличается высокой износостой-

костью, для исправления задиров применяются металлы с меньшей твердостью, чем металл станины (например, латунь, цинк).

Перед металлизацией задиры обрабатываются под ласточкин хвост, прогреваются горелкой до удаления находящегося в порах масла и подвергаются пескоструйной очистке.

18. Влияние способа подготовки поверхности на прочность сцепления металлизационных покрытий и предел выносливости детали

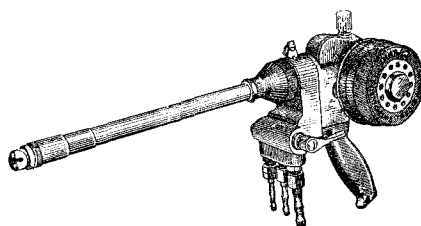
Способ подготовки поверхности	Предел выносливости		Прочность сцепления в $\text{кг}/\text{см}^2$
	в $\text{кг}/\text{мм}^2$	в % к шлифованной поверхности	
Шлифование	25,2	100	—
Пескоструйная обработка	27,8	110,5	345
Обработка дробью	32,4	128,5	1040
Насечка зубилом	20,6	82,0	820
Накатка (прямая, косая, перекруч.)	30,6	121,0	1000
Нарезка треугольная	18,8	74,5	1800
Нарезка треугольная с последующей обработкой дробью	24,5	98,0	1900
Нарезка треугольная с прикаткой вершин	17,0	67,5	1560
Нарезка круглая	19,4	77,0	1670
Нарезка круглая с прикаткой вершин	18,8	74,5	1440
Нарезка кольцевых канавок	16,5	65,5	1400
Нарезка кольцевых канавок с прикаткой вершин	15,3	61,0	1130
Электронскровая обработка	20,3	80,5	1000
Электродуговая обработка	17,0	67,5	250

При ремонте токарно-винторезных, revolverных и других станков посредством металлизации возможно наносить металлические покрытия на поверхности направляющих салазок суппортов и, таким образом, компенсировать опускание фартуков, вызываемое износом и шабрением направляющих.

Металлизацию последних можно производить стальной проволокой, однако лучше наносить покрытие, состоящее из ~ 60% стали и ~ 40% алюминия,

которое наряду с достаточной твердостью ($H_B = 75 \text{ кг}/\text{мм}^2$) и высокой износостойкостью легко поддается обработке и шабрению.

Для получения железоалюминиевых покрытий пользуются ручными электрометаллизационными аппаратами ЭМ-3А. Металлизацию производят на переменном



Фиг. 9. Аппарат ГИМ-2 с угловой головкой УГ-2

токе при напряжении 30 в, силе тока 80—100 а и давлении сжатого воздуха ~ 6 атм. Одним из электродов является стальная среднеуглеродистая проволока диаметром 1,0 мм, а другим — алюминиевая диаметром 1,5 мм.

При толщине нанесенного железоалюминиевого покрытия до 1 мм подготовка поверхности состоит только из тщательной пескоструйной очистки крупнозернистым острогранным кварцевым песком. При нанесении более толстых покрытий металлизированная поверхность снабжается продольными канавками в виде ласточкина хвоста глубиной 2,0—3,0 мм, шириной 5—8 мм и шагом 10—20 мм.

В обоих случаях перед подготовкой поверхности салазок их подвергают нагреванию в печи или горелкой до 250—300° С до полного выгорания масла, содержащегося в порах металла.

Металлизация для получения антифрикционных покрытий основана на пористости напыленных покрытий и их способности, пропитываясь

19. Режимы токарной обточки металлизационных покрытий

Режим резания	Металл обрабатываемого покрытия				
	Сталь 10	У8	Цинк и алюминий	Псевдосплавы	
				содержащие сталь	не содержащие сталь
Скорость резания в м/мин	20—30	9—12	50—60	35—40	60—70
Подача в мм/об	0,2—0,3	0,1—0,2	0,5—1,0	0,1—0,4	0,1—0,3
Глубина резания в мм	0,5—1,0	0,3—0,5	0,8—1,2	0,2—0,5	0,3—1,5

20 Бинарные антифрикционные покрытия, образуемые при металлизации распылением

Состав покрытия	Сталь + медь	Сталь + латунь	Латунь + свинец	Свинец + алюминий
Соотношение компонентов в %	75 : 25	75 : 25	65,5 : 33,5	50 : 50
Коэффициент трения в паре со сталью при $\rho = 80 \text{ кг/см}^2$	0,011 *	0,014 *	0,0060 **	0,0041 **
* Скорость скольжения $v = 1,31 \text{ м/сек.}$ ** Скорость скольжения $v = 0,48 \text{ м/сек.}$				

смазкой, улучшать условия трения. При одновременном распылении разнородных металлов возможно получение специальных антифрикционных псевдосплавов.

Наиболее доступным средством замены в подшипниках скольжения оловянистых бронз и баббитов является применение покрытий из латунной проволоки марки ЛС 59-1, антифрикционные свойства которых близки к свойствам литых баббитов и бронз.

Полноценным заменителем лучших сортов баббита являются покрытия, образуемые при распылении биметаллической проволоки, содержащей свинец и алюминий в соотношении 1:1, со следующей характеристикой:

Удельный вес	3,9
Твердость H_B	30—33
Сопротивление сжатию в кг/мм^2	65
Относительное удлинение в %	0,5
Теплопроводность в кал/см.сек.град	0,21
Коэффициент линейного расширения α	19,6 · 10 ⁻⁶
Коэффициент трения	0,0041
Маслоотзываемость в %	5,2
Допускаемое удельное давление в кг/см^2	180—200
Допускаемая окружная скорость в м/сек.	6—7

Биметаллическая свинцовоалюминиевая проволока может быть изготовлена с помощью несложного ручного приспособления, которое позволяет посредством протяжки через фильеру закатывать вокруг свинцовой проволоки диаметром 1,1 мм оболочку из ленты, получаемой однократной прокаткой на вальцах алюминиевой проволоки диаметром 2,5 мм до размера $0,5 \times 6,0 \text{ мм}$. Перед завальцовкой алюминиевая лента отжигается при температуре 350—400° С.

При ремонте подшипниковых пар весьма эффективным является способ обращения, при котором шейка вала металлизирована антифрикционным слоем, а вкладыш изготавливается из малоуглеродистой стали. Внутренняя поверхность вкладыша цементуется, закаляется до

21. Техническая характеристика трехпроволочной электрометаллизационной головки МТГ к аппарату ЭМ-6

Полезный вылет (длина) в мм	300
Наименьший диаметр отверстия в свету, позволяющий металлизацию внутренней поверхности, в мм	100
Применяемый электроток	Переменный
Питание электроток	От однофазного сварочного трансформатора
Рабочее напряжение тока в а	20—40
Максимальный ток (суммарный) в а	500
Диаметр электродной проволоки в мм:	
для твердых металлов (сталь, медь, латунь)	1,5—2,0
для мягких металлов (свинец, алюминий)	2,0—2,5
Производительность в кг/час. :	
при распылении стали (75%) + меди (25%)	4—8
при распылении стали (75%) + латуни (25%)	4—8
при распылении меди (50%) + свинца (50%)	7—13
при распылении алюминия (50%) + свинца (50%)	2—4
Регулирование скорости и весового соотношения металлов	Ступенчатое, посредством сменных шестерен

твердости $R_c 50 \div 52$ и подвергается шлифованию.

В случаях обращенных пар с подшипниками из закаленной стали вместо псевдосплавов шейки могут металлизироваться простой низкоуглеродистой сталью. Такие пары отличаются хорошими антифрикционными свойствами. Ими можно заменить бронзовые втулки.

Применение обращенных пар ведет к значительной экономии цветных металлов, устраняет односторонний износ подшипников и тем самым обеспечивает увеличение срока службы трущихся пар.

В качестве заменителей подшипниковых бронз и баббитов испытаны и могут быть рекомендованы к применению указанные в табл. 20 псевдосплавы, образующиеся при одновременном распылении двух различных металлов.

Для нанесения антифрикционных покрытий промышленностью выпускается специальная трехпроволочная электрометаллизационная головка МТГ (табл. 21), позволяющая получать двух- и трехкомпонентные псевдосплавы с регулируемым весом соотношением составляющих металлов.

Заделка раковин и трещин применяется только в случае, когда деталь в ослабленном сечении не нуждается в восстановлении прочности. В практике ремонта металлизацией пользуются для заполнения раковин в черном и цветном литье, устранения забоев на фланцевых соединениях, заделки различного вида трещин (особенно после заварки). Применяется прихватка трещин электросваркой с последующей их заделкой металлизацией. Раковины перед металлизацией подрубаются под ласточкин хвост. Для удаления из пор масла и влаги изделия нагреваются в печи или горелкой до 250—300° С, пескоструиваются и металлизуются с применением трафарета, имеющего отверстие, размер и форма которого примерно соответствуют раковине.

Устранение течи и пористости металлизацией применяется как средство исправления литейных дефектов, обнаруживаемых у головок двигателей, блоков, картеров, насосов и других деталей, подвергаемых гидронисланиям. Дефектная поверхность пескоструится и металлизуется цинком на толщину 0,5—1,0 мм, после чего несколько раз смывается водой до высыхания. Такие покрытия выдерживают опрессовку до 20 атм.

Проволока для металлизации

Для работы металлизационных аппаратов применяется проволока обычных торговых сортов (табл. 22). Диаметр проволоки определяется конструкцией аппарата (см. табл. 6 и 7).

Проволока, покрытая окалиной, окислами, ржавчиной, смазкой и загрязненная, для металлизации непригодна, так как при ухудшении условий токопередачи устойчивое горение электрической дуги нарушается.

Для работы на ручных электрометаллизационных аппаратах ЭМ-3 и ЭМ-3А

применяют только мягкие и отожженные сорта стальной проволоки. Газовые аппараты ГИМ и электродуговые ЭМ-6 позволяют применять и жесткую нагартованную проволоку.

Как правило, для восстановления стальных изношенных деталей применяют проволоку из простых углеродистых сталей.

Покрытия из высокоуглеродистых сталей по сравнению с низкоуглеродистыми менее окислены, отличаются лучшими механическими свойствами и позволяют наносить наиболее толстые покрытия без образования трещин (табл. 23). Они рекомендуются для всех видов работ по восстановлению изношенных деталей.

23. Предельные толщины и обрабатываемость стальных покрытий при металлизации шеек

Марка стали	Предельная толщина покрытия, не вызывающая образования трещин, в мм	Обрабатываемость
15 45	3 3—4	Возможна обточка резцами с пластинами из твердых сплавов
У8 У10	6—8 8—10	Только шлифование

Для получения покрытий с наивысшей износостойкостью и твердостью ($R_C = 48 \div 51$) применяют низкоуглеродистые сорта стальной проволоки (например, сварочной), науглероженной посредством цементации. Последнее проводят при температуре 850—950° С в течение 8 час. Карбюризатором является смесь из березового угля (65%) и кальцинированной соды (35%).

Нержавеющие стали применяются для металлизации шеек валов (например, гидротурбин, насосов и т. п.), подверженных одновременно механическому износу и воздействию коррозионной среды.

Из цветных металлов специально для металлизации выпускается только цинковая проволока, которая предназначена для нанесения антикоррозионных защитных покрытий. Этой же проволокой обычно пользуются для работ по заделке раковин, устранению пористости литья, приданию непроницаемости сварным швам и др.

При металлизации алюминием для защиты стали от атмосферной коррозии лучше всего применять проволоку из алюминия марок А00, А0, А1. Для работ

по алитированию пригодна проволока из алюминия марок А2 и А3.

Во всех случаях предпочтительнее пользоваться твердым (неотожженным) алюминием.

Проволока латунная марки ЛС 59-1 применяется для нанесения антифрикционных покрытий. В тех же целях, а также для декоративных покрытий применяется бронзовая проволока различных марок.

Контроль качества металлizationsных покрытий

Научно обоснованных способов определения качества металлizationsных покрытий, позволяющих производить контроль покрытий в цеховых условиях, и без их повреждения, до настоящего времени не имеется.

В производственных условиях оценку покрытий производят по качеству поверхности и прочности сцепления с основанием.

Качество поверхности оценивается внешним осмотром, позволяющим установить крупность распыла, пропуски, трещины и т. п.

При наличии нерабочих участков тонкие (до 1 мм) покрытия из цветных металлов надрезают до основания ножом и производят отслаивание. Если при этом происходит выкрашивание слоя небольшими кусками, сцепление считается удовлетворительным. При плохом сцеплении наблюдается легкое отделение покрытия на больших участках поверхности.

Покрываемые сталью шейки валов, осей и др. подвергаются легкому простукиванию, позволяющему определить плохое сцепление по звуку. Металлизированные шейки, выдержавшие механическую обработку без образования трещин и отколов, считаются безусловно пригодными для эксплуатации.

Толщина и равномерность покрытий из антимагнитных металлов с большой точностью измеряются магнитными толщиномерами.

Для определения механических свойств требуется изготовление специальных образцов, испытываемых общепринятыми методами.

Охрана труда и техника безопасности

Вредность работ по металлizationsи связана с загрязнением окружающего воздуха пылью и парами расплавленного металла, а также действием света газового пламени или электрической дуги. Наи-

более токсичным является свинец, работа с которым без индивидуальных защитных средств категорически запрещается. Токсичными также являются медь, кадмий, цинк и их сплавы. Вследствие указанного профессия шоопровщиков-металлизаторов, работающих на свинце, кадмии, меди и цинке, постановлением Совнаркома от 1/VI 1940 г. № 1120 отнесена к категории вредных, с установленной продолжительностью рабочего дня в 6 часов.

В соответствии с требованиями охраны труда при организации металлizationsных установок в закрытых помещениях устройство отсасывающей вентиляции является обязательным.

В условиях обычно применяемого типового металлizationsного оборудования вентиляция состоит из системы местных отсосов, которыми снабжается каждое рабочее место — пескоструйный шкаф, кабина и станок для металлizationsи тел вращения.

На основании опыта эксплуатации металлizationsных установок при проектировании отсасывающей вентиляции скорость движения воздуха в плоскости сечения кабин для металлizationsи берут не ниже 1—1,2 м/сек, а в сечении открытого горизонтального зонта у токарного станка не менее 4 м/сек.

При большом объеме металлizationsных работ на станках должны устанавливаться закрытые отсасывающие камеры, снабженные смотровыми стеклами, для наблюдения за металлizationsируемой деталью.

Воздух, отсасываемый из пескоструйного шкафа, подлежит обязательной очистке от пыли в устанавливаемых вне помещения пылесборниках или циклонах, без которых эксплуатация пескоструйных установок не разрешается.

Помещения металлizationsных мастерских оборудуются также системой приточной вентиляции с подогревом воздуха.

Для защиты рабочих, производящих металлizationsи внутри сосудов, или при отсутствии вентиляции применяются протитовгазы, респираторы или шлемы-скафандры с принудительной подачей в них чистого воздуха (например, МИОТ-48 и МИОТ-49 конструкции НИОТ ВЦСПС). В цеховых условиях обязательно оборудование рабочих мест вытяжной вентиляцией, при правильном устройстве которой вредность работ по металлizationsи полностью устраняется.

При электрометаллизации для защиты глаз от действия ультрафиолетовых лучей

работающие обязаны пользоваться защитными очками с темно окрашенными стеклами (типа ТИС).

Правила техники безопасности при газовой и электрической металллизации определяются также существующими инструкциями обращения с применяемым оборудованием (например, с баллонами, сварочными аппаратами и др.) и никакими специальными требований не содержат.

СВАРКА И НАПЛАВКА МЕТАЛЛОВ

В современной технике сварка является основным способом выполнения неразъемных соединений металлических конструкций.

Для получения сварного соединения кромки металла нагреваются до пластического или жидкого состояния.

Существуют различные виды сварки (фиг. 10). Наиболее универсальной из них является ручная дуговая сварка. В отно-

различных горючих газов в атмосфере чистого кислорода.

В качестве горючего газа при сварке или резке наибольшее распространение имеет ацетилен. Кроме ацетилена, применяются горючие — водород, метан, природный газ, нефтьгаз, бензин и др. (табл. 24).

Ацетилен получают из карбида кальция в ацетиленовых генераторах. В табл. 25 приведены основные технические характеристики наиболее распространенных ацетиленовых генераторов. Генераторы первых пяти приведенных в таблице типов являются передвижными. Эти генераторы наиболее часто применяются на ремонтных работах.

Важной частью оборудования газосварочного поста является водяной затвор, который обеспечивает безопасность работ при газовой сварке и резке. При давлении ацетилена до 0,15 атм применяются затворы низкого давления, при давлении более 0,15 атм затворы среднего давления.



Фиг. 10. Основные способы сварки металлов.

шении универсальности с ней может конкурировать лишь ручная газовая сварка, хотя по производительности она уступает дуговой сварке.

Газовая сварка и резка

Газовая сварка. Сварка газом применяется преимущественно для тонкостенных конструкций, трубопроводов, чугуна и цветных металлов.

Процесс газовой сварки основан на расплавлении соединяемых металлов за счет тепла, выделяемого при сгорании

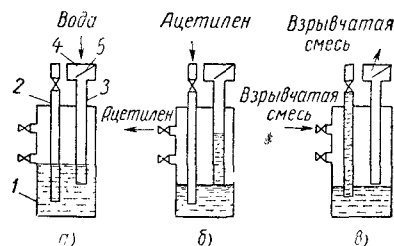
На фиг. 11 показана схема работы водяного затвора низкого давления. Предохранительная трубка 3 делается несколько короче газоподводящей 2. При обратном ударе пламени давление в затворе возрастает, и часть воды вытесняется в трубки 2 и 3. При этом нижний конец более короткой трубки 3 оказывается выше уровня воды; вода из трубки 3 выбрасывается в воронку и дает возможность взрывчатой смеси выйти наружу. Взрывчатая смесь не может проникнуть в трубку 2 и через нее в газопровод или

24 Характеристика горючих для газовой сварки и резки [1]

Горючее, его химическая формула или состав	Уд. вес при 0° С и 760 мм рт. ст. в кг/м³	Теплотворная способность в ккал/м³	Тепло неполного сгорания * в ккал/м³	Температура в °С		Потребное количество кислорода для сгорания на 1 м³ горючего газа в м³		Предел взрываемости в смеси с воздухом в % горючего	Область применения
				пламени	воспламенения	полного	подаваемого в горелку		
Ацетилен C_2H_2	1,1791	11 500	5050	3100	428	2,5	1,15	2,8—65	Сварка, резка, пайка
Водород H_2	0,0898	2 570	1300	2100	410,5	0,5	0,25	9,5—66,3	Резка стали, сварка легкоплавких металлов, пайка
Метан CH_4	0,715	8 530	810	2000	340	2,0	1,0	6,26—11,9	То же
Природный газ: (саратовский): метана 94%, пропана 3%, других газов 3%	0,7	—	—	2000	—	2,0	1,0	Примерно как и у метана	.
Нефтегаз: водорода 1%, этилена, пропилена 28%, метана 50%, азота 10%	0,78—1,36	11 000	1000	2400	—	3,5	0,65	—	.
Бензин (смесь жидких углеводородов)	0,69—0,76 кг/л	30 000	1200	2400	—	1,3—1,7 л/г	—	2,6—6,7	Резка

* Полезно используемое тепло.

генератор, так как трубка 2 заполнена водой и конец ее находится ниже уровня воды в затворе.



Фиг. 11. Схема устройства и работы водяного затвора низкого давления: а — наполнение затвора водой; б — нормальная работа затвора; в — момент обратного удара пламени; 1 — корпус; 2 — газоподводящая трубка; 3 — предохранительная трубка; 4 — воронка для заливки воды; 5 — отбойная перегородка.

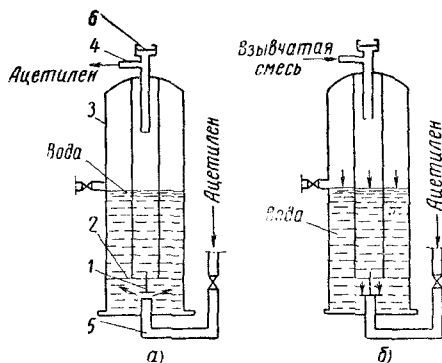
Если вода в затворе отсутствует, взрывчатая смесь может через трубку 2 попасть в генератор, поэтому уровень воды в водяных затворах должен тщательно контролироваться.

На фиг. 12 показана схема работы водяного затвора среднего давления.

При прямом токе газ свободно проходит через обратный клапан 1, газораспределитель 2, каплеотбойник 3 и ниппель 4 в горелку. При обратном ударе пламени вода давит на клапан 1 и, закрывая его, прекращает проход взрывчатой смеси через затвор в трубку 5. Давлением взрывной волны разрывается мембрана 6, и взрывчатая смесь выбрасывается наружу.

Для газовой сварки наибольшее распространение имеют сварочные горелки типов СУ-48 и ГС-53.

Газовая сварка может выполняться правым и левым способами. При правом способе шов накладывается слева направо; горелка в этом случае находится впереди



Фиг. 12. Схема устройства и работы водяного затвора среднего давления: а — нормальная работа; б — момент обратного удара пламени; 1 — обратный клапан; 2 — газораспределитель; 3 — каплеотбойник; 4 — ниппель; 5 — газоподводящая труба; 6 — предохранительная мембрана.

присадочной проволоки. При левом способе, наоборот, шов накладывается справа налево и горелка находится позади проволоки.

Правая сварка имеет следующие преимущества:

а) пламя направляется на шов и защищает расплавленный металл от окисления и азотирования;

б) скорость сварки повышается на 10—20% по сравнению с левой сваркой, так как нагрев получается более сосредоточенным.

Во избежание пережога правую сварку не рекомендуется применять при сварке металла толщиной 4 мм.

Сварка чугуна. Свойства, присущие чугуну, усложняют его сварку. При расплавлении чугун быстро переходит из твердого состояния в жидкое, минуя промежуточную тестообразную фазу. Поэтому чугун в случае предварительного подогрева можно сваривать только в нижнем положении, часто с применением формовки зоны сварного шва. При нагреве чугун значительно увеличивает свой объем, что вызывает появление внутренних напряжений, которые, суммируясь с напряжениями, вызываемыми неравномерным нагревом изделия и усадкой шва, могут привести к появлению трещин или полному разрушению изделия. Перечисленное вызывает необходимость применения специальных способов сварки чугуна, снижающих напряжения и препятствующих образованию твердой стеленной зоны.

Существуют три основных метода сварки чугуна: холодная сварка, полугорячая сварка и горячая сварка (табл. 26).

25. Характеристика ацетиленовых генераторов

Марка генератора	Производительность в м³/час	Рабочее давление в кг/см²	Единовременная загрузка карбида в кг	Грануляция карбида в мм	Габаритные размеры в мм	
					Диаметр корпуса	Высота генератора
РА	1	0,01	2	8/15 и более	—	—
ГВР-1,25	1,25	0,15—0,3	4	50/80 25/50	480	935
ГНВ-1,25	1,25	0,016—0,024	4	50/80 25/50	478	1000
МГ	2	0,04—0,06	2,5	25/50 15/25	590	1135
ГВР-3	3	0,15—0,3	4×2	50/80 25/50	630	1260
ГРК-10	10	0,7—1,5	20×2	15/25 25/50 50/80	1430×1315	±100
ГРК-20	20	0,7—1,5	40—50	15/25 25/50 50/80	2430×1315	±100

26. Указания о выборе способа сварки чугуна

Способ сварки	Присадочный материал	Характеристика способа		Область применения	
		Преимущества	Недостатки		
Горячая сварка	Газовая (подогрев детали до 600—700° С) Дуговая	Чугунные стержни марки А (ГОСТ 2671-44)	Прочный и плотный шов. Хорошая обрабатываемость шва и околошовной зоны	Большая трудоемкость и стоимость работы. Тяжелые условия труда	Заварка трещин и брака литых в деталях сложной формы, от которых требуется высокая прочность и плотность сварного шва
	Дуговая. Подогрев до 400° С	Электроды с покрытием ОМЧ-1	Прочный и плотный шов	Нестабильность результатов	Заварка раковин и небольших трещин, наплавка поверхностей
Полугорячая сварка	Дуговая стальными электродами (с постановкой шпилек и без них)	Электроды с ионизирующим покрытием	Возможность сварки в любом положении шва	Не удовлетворяет требованиям плотности и обрабатываемости шва	Для сварки изделий, не требующих последующей механической обработки
	Дуговая электродами из монель-металла	Электроды из монель-металла с покрытием МНЧ	Плотный шов. Хорошая обрабатываемость	Недостаточная коррозионная стойкость шва	Для деталей, от которых требуется последующая механическая обработка
Холодная сварка	Дуговая комбинарованными электродами	Медные стержни с обмоткой из жести и меловым покрытием	Обрабатываемость сварного соединения твердыми сплавами	Сложность изготовления электродов. Не удовлетворяет требованиям плотности	Заварка раковин и трещин на малоответственных деталях

27. Химический состав прутков для сварки чугуна (ГОСТ 2671-44)

Марка	Содержание элементов в %							Примерное назначение
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	
						не более		
А	3,0—3,6	3,0—3,5	0,5—0,8	0,2—0,5	0,08	0,05	0,3	Для газовой сварки и для стержней электродов при горячей сварке
Б	3,0—3,6	3,6—4,6	0,5—0,8	0,3—0,5	0,08	0,05	0,3	Для стержней электродов при горячей, полугорячей и холодной сварке

Чугунные детали простой формы, не требующие после сварки механической обработки, могут свариваться без предварительного подогрева.

Однако лучшие результаты дает сварка с предварительным местным или общим подогревом детали.

Подогрев может производиться в печах газовых, нефтяных, электрических или в горне с применением в качестве топлива древесного угля. Местный подогрев может

осуществляться также сварочными горелками. Небольшие отливки подогревают до температуры 300—400° С, крупные детали до температуры 600—650° С.

При заварке трещин последние засверливают по концам, затем скашивают кромки, так, чтобы обеспечивался общий угол разделки 90—100° С.

Подготовка к заварке раковин обычно сводится к вырубке раковины до чистого металла.

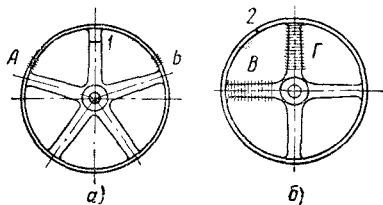
Для сварки чугуна применяются специальные чугунные прутки диаметром 4—12 мм с увеличенным содержанием углерода и кремния (табл. 27). Сварка с применением прутков того же состава, что и обычный серый чугун, не всегда дает удовлетворительные результаты, так как в процессе сварки происходит частичное выгорание углерода и кремния.

При газовой сварке чугуна обязательно применение флюса для раскисления образующихся на поверхности расплавленного металла тугоплавких окислов и создания легкоплавкого шлака, легко отделяющегося от основного и наплавленного металла. Хорошие результаты дает флюс следующего состава: буры плавной 50%, двууглекислого натрия 47%, кремнезема 3%.

Удовлетворительные результаты дает флюс, состоящий из одной плавной буры.

Для качества сварки большое значение имеет режим остывания изделия. При сварке детали с общим подогревом необходимо обеспечить медленное остывание изделия вместе с печью. При быстром остывании изделия образуется твердый и хрупкий отбеленный чугун. Неравномерное остывание изделия приводит к возникновению внутренних напряжений и появлению трещин. Особенно опасно быстрое охлаждение для тонкостенных деталей и изделий сложной формы. В случаях применения местного подогрева изделие после заварки следует закрыть асбестом или засыпать горячим песком.

При ремонте сваркой шквив для предупреждения возникновения вредных напряжений, могущих повести к появлению новых трещин, очень важно правильно осуществить подогрев шкива. При заварке трещины в спице в месте 1 (фиг. 13, а)



Фиг. 13. Схема подогрева при заварке шкива.

необходимо подогреть шкив в зонах А и Б. При заварке трещины на ободе в месте 2 (фиг. 13, б) шкив подогревается в зонах В и Г. После заварки необходимо медленно охладить шкив.

Широкое распространение при ремонте чугунных изделий имеет сварка (пайка) латуни. При сварке латунью чугун не расплавляется, а лишь нагревается до вишнево-красного каления, при этом получается хорошее и прочное соединение основного и наплавленного металла. Более низкая температура нагрева чугуна дает возможность сварить изделие с минимальными внутренними напряжениями. Данное обстоятельство позволяет с помощью латуни сваривать ответственные чугунные детали самой сложной формы. К другим преимуществам сварки чугуна латунью следует отнести следующее:

1) сварка производится в большинстве случаев без предварительного подогрева, что значительно ускоряет и удешевляет работу;

2) деталь в месте сварки обладает небольшой твердостью и легко обрабатывается.

При заварке чугунных деталей латунью место сварки должно быть тщательно очищено от грязи, ржавчины, жиров. Кромки скашивают под углом 90—120°. В качестве присадочного металла можно рекомендовать латунь следующего состава: меди 56—59%, цинка 37—40%, олова 1—1,5%, железа 1%, никеля 0,5%, марганца 0,5%.

Процесс сварки чугуна латунью ведется с применением флюса следующего состава: буры 70%, поваренной соли 20%, борной кислоты 10%. После сварки изделие закрывают асбестом и дают ему медленно остыть. Сварка латунью может успешно применяться при ремонте станин прессов и других машин, чугунных рам, цилиндров и блоков цилиндров двигателей, корпусов насосов и других частей оборудования.

На фиг. 14 показан подготовленный к заварке латунью блок цилиндров мотора, имеющий трещину в водяной рубашке. Перед сваркой зону, прилегающую к трещине, следует тщательно зачистить. По концам трещины производят засверловку, чтобы трещина при сварке не распространилась дальше, затем делается подготовка кромок под сварку. Сварка должна производиться участками с двух концов навстречу друг другу.

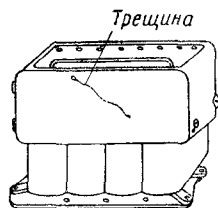
После окончания сварки шов и прилегающую к нему зону полезно прогреть горелкой, после чего закрыть изделие асбестом и дать медленно остыть.

Сварка листового металла. Способы подготовки кромок при газовой сварке листового металла встык зависят от толщины свариваемого металла.

С помощью газовой сварки хорошо свариваются различные листовые конструкции из тонкого металла, бочки для нефтепродуктов, небольшие баки и т. д.

Способы подготовки кромок под сварку приведены на фиг. 15*.

При сварке листовых конструкций во избежание



Фиг. 14. Трещины на рубашке блока мотора.

деформации рекомендуется сборку и сварку производить в специальных приспособлениях.

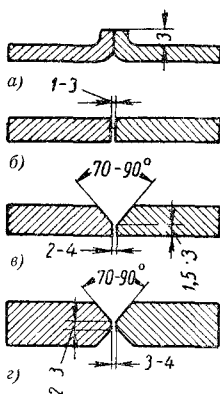
Для сварки малоуглеродистой стали мощность горелки выбирается из расчета до 150 л/час на 1 мм толщины свариваемого металла при правом методе и 100 л/час при левом. Проволока применяется марок Св. 08 и Св. 08А (ГОСТ 2246-54).

Сварка трубопроводов. Газовой сваркой сваривают трубы главным образом диаметром до 150 мм, а также тонкостенные трубы различных диаметров.

При сварке труб со стенкой толщиной до 4 мм разделка кромок не производится. Стыкуемые концы прихватывают с зазором 1—2 мм и сваривают левым способом.

Трубы малых диаметров до 38 мм перед сваркой рекомендуется раздавать под «колокольчик» во избежание уменьшения проходного сечения трубы после сварки. Концы труб в этом случае нагревают горелкой и расширяют с помощью конусной оправки (фиг. 16).

Сварку труб со стенкой толщиной более 4 мм производят встык с V-образной подготовкой кромок, а труб диаметром больше 100 мм производят с применением подкладного кольца (фиг. 17).



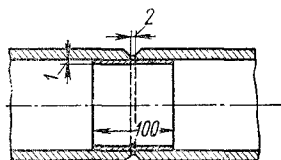
Фиг. 15. Подготовка кромок при газовой сварке листового металла в стык при толщине: а) $b = 2$ мм; б) $b = 2 \div 5$ мм; в) $b = 5 \div 15$ мм; г) $b = 16$ мм.

При сборке и прихватке труб для соблюдения соосности применяют призмы со струбцинами.



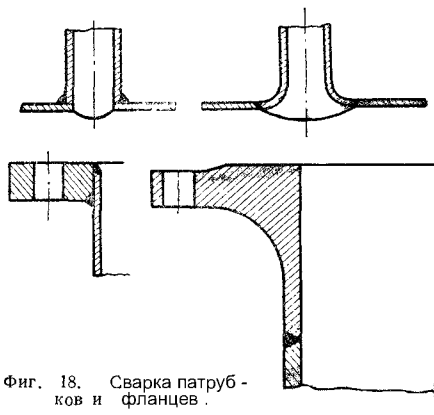
Фиг. 16. Подготовка трубы под «колокольчик».

Широкое распространение имеет сварка патрубков с фланцами, а также приварка



Фиг. 17. Сварка трубы с применением подкладного кольца.

патрубков к трубам. Наиболее часто встречающиеся способы их соединения приведены на фиг. 18.



Фиг. 18. Сварка патрубков и фланцев.

Сварка цветных металлов и сплавов. Сварка меди усложняется вследствие большой её теплопроводности, малой прочности при повышенной температуре и быстрой окисляемости при высокой температуре.

Подготовка кромок медных листов под сварку почти не отличается от подготовки стали. При толщине меди до 2 мм применяется отбортовка кромок, а при толщинах до 4 мм применяется соединение без подготовки кромок. При сварке больших толщин применяется V-образная и X-об-

* О технике подготовки кромок под сварку см. также в разделе «Электрическая дуговая сварка», на стр. 53.

28. Режим газовой сварки стыковых соединений толщиной до 4 мм без скота кромок [1]

Толщина металла в мм	Диаметр присадочной проволоки в мм	Расход ацетилен в л/пог. м	Скорость сварки в см/мин	Продолжительность сварки в мин/пог. м	Расход присадочной проволоки в г/пог. м
1	Без присадочной проволоки, с отбортовкой кромок	12	17	6,2	0
2	2,0	25	12	8,5	30
3	2,5	52	9,5	10,5	70
4	3,0	104	8,5	12	130

29. Примерный расход газов при газовой сварке [3]

Толщина металла в мм	0,2—0,5	0,5—1,0	1—2	2—4	4—6	6—9
Расход ацетилена в л/час	50	75	150	300	500	750
Расход кислорода в л/час	55	85	165	330	550	825

разная подготовка кромок. Предпочтение следует отдавать Х-образной подготовке кромок.

Высокая теплопроводность меди требует применения горелок большей мощности, на 1—2 номера больше, чем при сварке стали такой же толщины. Мощность горелки берется из расчета 190—225 л/час ацетилена на 1 мм толщины.

Часто применяется предварительный подогрев изделия или сварка двумя горелками. Для уменьшения тепловых потерь рекомендуется применение теплоизоляционных подкладок.

Для уменьшения окисления особое внимание нужно обращать на регулировку пламени, которое должно быть строго нейтральным. В процессе сварки не следует касаться ядром пламени присадочного металла и ванны.

В качестве присадочного металла обычно применяется проволока из электролитической меди диаметром, равным толщине листа или несколько меньше, но не более 8 мм

Наиболее распространенные флюсы для сварки меди приведены в табл. 30.

Кромки деталей перед сваркой должны тщательно зачищаться. Сварка должна выполняться быстро, без возвращения горелки на сваренный участок шва. Не рекомендуется производить сварку в два слоя и более.

Для улучшения механических свойств шва применяют проковку шва и отжиг

30. Флюсы для сварки меди

Состав флюса по весу в %		
Борная кислота	Бура	Фосфорно-кислый натрий
100	—	—
50	50	—
24	76	—
35	50	15
70	—	30
10	70	20

изделия. Листы толщиной до 5 мм можно проковывать в холодном состоянии, более толстые листы — при температуре 300—400° С. После проковки изделие следует подвергнуть отжигу при температуре 500—550° С с последующим быстрым охлаждением в воде.

Сварка латуни и бронзы в основных положениях почти не отличается от сварки меди.

При сварке латуни наилучшие результаты дает применение присадочной проволоки ЛК62-05, поставляемой по ТУ ЦМО 1327-54. При этом значительно улучшаются гигиенические условия газовой сварки и повышаются прочностные показатели сварного соединения.

Сварку следует вести пламенем с небольшим избытком кислорода. После проковки рекомендуется отжиг изделия при температуре 600—700° С с последующим медленным охлаждением.

При сварке бронзовых деталей во избежание появления трещин от внутренних напряжений рекомендуется предварительный подогрев их до температуры 400—500° С.

При заварке сквозных трещин или раковин во избежание протекания жидкого металла место сварки следует заформовать огнеупорной глиной с применением графитовых подкладок.

Для сварки бронзы применяется присадочный металл такого же состава, что и основной металл. Сварка производится нейтральным пламенем. Проковке можно подвергать только прокат или тянутую бронзу. Отжиг производится при температуре 450—550° С с последующим быстрым охлаждением в воде. Флюс применяется тот же, что и при сварке меди.

Сварка алюминия затрудняется большим сродством его к кислороду и высокой температурой плавления окиси алюминия, превышающей 2000° С. Указанные свойства алюминия требуют применения при его сварке флюса, который растворяет пленку окиси алюминия и образует жидкий, легкоплавкий шлак.

Наиболее распространенным флюсом для сварки алюминия является флюс марки АФ-4А (выпускается промышленностью).

При сварке алюминия следует учитывать его хрупкость при высоких температурах.

Во избежание деформаций и разрушений изделия рекомендуется в процессе сварки применять стальные подкладки, устанавливаемые с противоположной стороны шва.

При ремонте алюминиевых изделий последние перед сваркой должны очищаться от грязи и жиров.

При стыковой сварке кромки изделия скашивают под углом 45°. Сварку металла толщиной до 5 мм можно производить без подготовки кромок.

При ремонте алюминиевых отливок рекомендуется предварительный нагрев изделия до температуры 350—450° С. Присадочный материал в этом случае состоит из чистого алюминия или сплава с содержанием 92% алюминия и 8% меди. При сварке листового алюминия применяется алюминиевая проволока с содержанием 4,5—6% кремния.

Для сварки листов толщиной до 3 мм применяют присадочные прутки диаметром 2—3 мм, а для сварки листов толщиной от 4 до 20 мм — диаметром 4—6 мм.

Сварка алюминия должна производиться нейтральным пламенем. После сварки изделия необходимо тщательно его очищать от шлака, который вызывает коррозию шва. Удаление шлака производится промывкой в горячей воде, затем промывкой в 2%-ном растворе хромового ангидрида и окончательной промывкой в горячей воде.

После сварки необходимо медленно охладить изделие. Рекомендуется также отжиг сваренного изделия при температуре 300—350° С с последующим медленным остыванием.

Для улучшения качества сварки иногда применяется легкая проковка швов.

Газовая резка. Газовая резка основана на способности некоторых металлов сгорать в струе кислорода. Не все металлы режутся одинаково, отдельные металлы не поддаются газовой резке (табл. 31).

31. Характеристика металлов в отношении газовой резки [12]

Металл	Характеристика
Сталь с содержанием до 0,4% С	Режется хорошо
Сталь с содержанием 0,4—0,5% С	Режется хорошо. Рекомендуется предварительный подогрев и отжиг после резки
Сталь с содержанием 0,5—0,7% С	Режется хорошо. Обязателен предварительный подогрев и отжиг после резки
Сталь с содержанием более 0,7% С	Режется плохо
Сталь высокомарганцовистая	Режется хорошо. Полезен подогрев
Сталь кремнистая	Режется плохо
Сталь высокохромистая	Не режется
Сталь низколегированная хромомolibденовая	Режется хорошо
Сталь низколегированная хромистая и хромоникелевая	То же
Сталь хромоникелевая нержавеющая 18-8	Нормально не режется, требуется специальная технология
Чугун	Не режется, для резки требуется специальная технология. Качество реза плохое
Медь и ее сплавы	Не режутся
Алюминий	То же

При газовой резке особое внимание следует обращать на чистоту применяемого кислорода (табл. 32).

32. Влияние чистоты кислорода на скорость резки и расход кислорода [3]

Чистота кислорода в % . . .	99,5	99,0	98,5	98,0	97,5	97,0
Давление кислорода в ат . . .	100	110—115	122—125	138—140	158—160	170—175
Расход кислорода в м ³ /час . . .	100	105—115	122—125	138—140	158—160	170—175
Скорость резки в % . . .	100	95	91	87	83	77

33. Техническая характеристика резака типа УР для ацетилено-кислородной резки

Элементы характеристики	№ наружных мундштуков				
	1		2		
	№ внутренних мундштуков				
	1	2	3	4	5
Толщина разрезаемого металла в мм	3—25	25—50	50—100	100—200	200—300
Давление кислорода в ат	2—4	4—6	6—8	10—12	12—14
Расход кислорода в м³/час	2—3,5	6—8	10—13	27—33	44—51
Расход ацетилена в м³/час	0,5—0,8	0,8—1	1—1,3	1,4	1,5
Примерная ширина реза в мм	2—2,5	2,5—3,5	3,5—4,5	4,5—7	7—10

34. Техническая характеристика бензорезов

№ мундштука	Наибольшая толщина разрезаемого металла в мм	Скорость резки в пог м/час	Расход на 1 пог. м		Давление в ат	
			горючего в г	кислорода в л	кислорода	горючего
1	10	16	25	120	4	0,5
2	30	12	40	390	5	1
3	60	10	50	840	6	1
4	100	7	100	1600	8	1,5
5	200	5	200	3600	10	1,6
6	300	3	300	6000	12	2

В практике применяются различные резки специального назначения: для срезки заклепок, вырезки отверстий, выплавки порошков и т. д. Для удаления дефектных швов успешно применяется резак РВП-47.

Для резки чугуна, меди, латуни, хромистой и хромоникелевой сталей применяются установки УРХС-3 для кислородно-флюсовой резки.

При кислородно-флюсовой резке в струю режущего кислорода непрерывно вводится порошкообразный флюс, состоящий из смеси железного порошка и кварцевого песка, который способствует резке указанных металлов.

За последние годы широкое распространение получили полуавтоматы и автоматы для газовой резки, которые дают возмож-

ность значительно увеличить производительность труда и улучшить качество резки. С помощью полуавтоматов производится резка по прямой, по окружности, а также снятие фасок. На автоматах возможна резка деталей любой сложной конфигурации.

Техника безопасности при газовой сварке и резке. Эксплуатация газосварочного и газорезательного оборудования и инструмента требует особой осторожности и строгого выполнения правил по технике безопасности.

Кислородные баллоны должны храниться в специальных складах. Не разрешается располагать склады вблизи производственных цехов и жилых помещений. В месте хранения баллонов с кислородом нельзя хранить другие материалы, особенно горючие, и производить работы с открытым пламенем. В производственных цехах не рекомендуется хранить большое количество баллонов. При большом количестве газосварщиков и газорезчиков целесообразно организовать централизованную подачу кислорода по трубопроводам.

Нельзя ударять или бросать баллоны с кислородом. Баллоны должны перевозиться на специальных тележках. На производственных участках баллоны устанавливаются в вертикальном положении с соответствующим креплением.

Особое внимание следует обращать на то, чтобы на баллоны не попало масло и другие жиры, во избежание взрыва. При замерзании вентиля или редуктора не допускается производить отогрев пла-

менем. Отогрев можно осуществить смоченными в горячей воде тряпками.

Баллоны должны находиться от места сварки или резки на расстоянии не меньше 6 м.

Необходимо следить за выполнением в срок испытаний баллонов.

Ацетиленовые станции должны находиться на определенном расстоянии от производственных цехов и жилых помещений (не менее 40 м).

При использовании переносных ацетиленовых генераторов внутри цеха последние должны находиться от места сварки или резки на расстоянии не менее 10 м. В горячих и химических цехах, а также в действующих котельных установка переносных генераторов запрещается.

В процессе эксплуатации генераторов необходимо следить за плотностью всех соединений во избежание утечки газа. Не допускается нагрев воды в генераторах выше 70° С.

Особое внимание необходимо уделять водяным затворам (см. на стр. 44–45). Назначение водяных затворов — предохранять ацетиленовый генератор от взрыва в случае обрыва газа (проникновение пламени внутрь канала горелки и распространение его навстречу потоку газа). Обратный удар происходит при неисправности горелки, чрезмерном нагреве кончика горелки, а также при закупорке мундштука. Перед началом работы водяной затвор следует наполнить водой до уровня контрольного крана и периодически следить за уровнем воды в затворе. При замерзании водяного затвора отогрев его можно производить только горячей водой. При обнаружении неисправностей в горелке, резке или водяном затворе необходимо работу приостановить и устранить все неисправности*.

Электрическая дуговая сварка

При электрической дуговой сварке источником тепла является электрическая дуга.

Существует два основных способа электрической дуговой сварки: сварка металлическим электродом и сварка угольным электродом.

Электрическая дуговая сварка может производиться как на постоянном, так и на переменном токе. Больше распространение имеет сварка на переменном токе вследствие меньшего расхода электро-

энергии, меньшей стоимости оборудования и простоты ухода за ним.

При сварке на постоянном токе следует учесть, что на положительном полюсе (аноде) выделяется больше тепла, чем на отрицательном (катоде). Поэтому свариваемый металл, требующий больше тепла на нагрев кромок, присоединяется обычно к положительному полюсу сварочной цепи, а электрод к отрицательному полюсу. Такое присоединение полюсов носит название прямой полярности. Если, наоборот, отрицательный полюс присоединить к изделию, а положительный к электроду, то такая полярность называется обратной. Она применяется в тех случаях, когда требуется получить меньший нагрев свариваемого металла, например при сварке тонкого металла, при сварке высокоуглеродистых и легированных сталей, чувствительных к перегреву.

Обратная полярность применяется также при сварке некоторыми марками электродов, обозначка которых требует обратной полярности (электроды УОНИ-13 и др.).

Ручная дуговая сварка металлическими электродами. Сварка сталей. Наиболее часто на практике приходится производить сварку малоуглеродистой стали.

Кроме соединений в стык, часто применяются угловые и тавровые соединения, соединения внахлестку и др.

Классификация сварных швов и конструктивные элементы подготовки кромок установлены ГОСТ 5264-56.

В соответствии с классификацией по ГОСТ швы бывают следующих типов:

- 1) швы по отбортовке
- 2) швы стыковые:
 - а) без скоса кромок
 - б) V-образные
 - в) X-образные
- 3) швы тавровые
- 4) швы угловые
- 5) швы внахлестку*.

Способы подготовки кромок сварных соединений в стык при ручной дуговой сварке приведены в табл. 35, а для угловых соединений — в табл. 36.

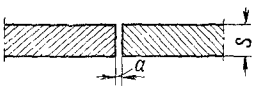
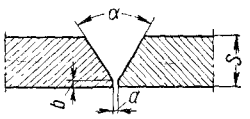
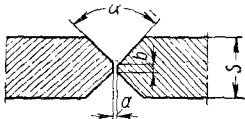
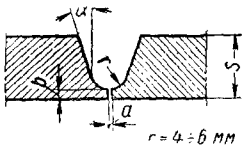
Подготовка кромок под сварку может производиться на строгальных станках, пневматическими зубилами и газовой резкой. Весьма хорошие результаты дает подготовка кромок на газорезательных автоматах и полуавтоматах.

Зачистку кромок под сварку производят металлическими щетками, переносными шлифовальными машинками и т. д.

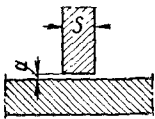
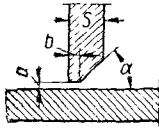
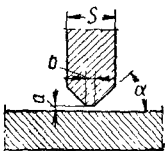
* О применении защитных стекол см. табл. 43 на стр. 63.

* Обозначения сварных швов на чертежах см. в 1 томе.

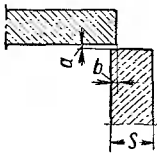
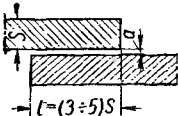
35. Подготовка кромок для стыковых швов

Тип шва	Толщина свариваемого металла S в мм	Эскиз	Размеры конструктивных элементов
Без скоса кромок	До 8		$a = 0 \div 3,0 \text{ мм}$
V-образный	5—30		$a = 2 \div 4 \text{ мм}$ $b = 2 \div 3 \text{ мм}$ $\alpha = 60^\circ \div 70^\circ$
X-образный	Свыше 20		$a = 2 \div 4 \text{ мм}$ $b = 2 \div 3 \text{ мм}$ $\alpha = 60^\circ \div 70^\circ$
U-образный	Свыше 20		$a = 2 \div 4 \text{ мм}$ $b = 2 \div 4 \text{ мм}$ $\alpha = 8^\circ \div 12^\circ$ $r = 4 \div 6 \text{ мм}$

36. Подготовка кромок для угловых швов [16]

Тип соединения	Толщина свариваемого металла S в мм	Эскиз	Размеры конструктивных элементов
Соединение втавр без скоса кромок	До 12		$a = 0 \div 2 \text{ мм}$
Соединение втавр с односторонним скосом кромок	До 20		$a = 0 \div 2 \text{ мм}$ $b = 2 \div 4 \text{ мм}$ $\alpha = 50^\circ \div 60^\circ$
Соединение втавр с двусторонним скосом кромок	Свыше 20		$a = 0 \div 2 \text{ мм}$ $b = 2 \div 4 \text{ мм}$ $\alpha = 50^\circ \div 60^\circ$

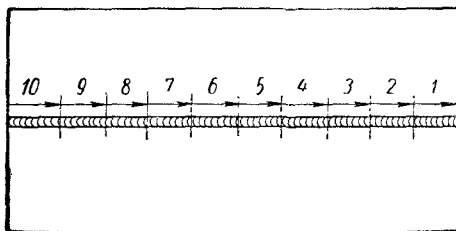
Продолжение табл. 36.

Тип соединения	Толщина свариваемого металла S в мм	Эскиз	Размеры конструктивных элементов
Угловое соединение без скоса кромок	Свыше 2		$a = 0 \div 2 \text{ мм}$ $b = 0 \div 2 \text{ мм}$
Соединение внахлестку	Свыше 2		$a = 0 \div 2 \text{ мм}$ $l = (3 \div 5)S$

В результате неравномерного нагрева в процессе сварки и усадки сварных швов после сварки в сварных конструкциях возникают внутренние напряжения, ослабляющие прочность швов и часто приводящие к деформациям конструкций. Величина напряжений и деформаций зависит от сечения и протяженности швов, нагрева изделия в процессе сварки, жесткости конструкции и других факторов.

Уменьшение деформаций при сварке обеспечивается применением ряда мер, основными из которых являются:

1) обратно-ступенчатый порядок наложения швов — сварка участками (фиг. 19);



Фиг. 19. Схема сварки обратным ступенчатым швом (цифры указывают последовательность сварки по участкам, стрелки — направление сварки).

2) уравнивание деформаций путем наложения швов в таком порядке, при котором последующий шов вызывает деформации, обратные тем, которые получились при наложении предыдущего шва;

3) увеличение скорости охлаждения изделия при помощи медных подкладок или воды;

4) правильная последовательность наложения швов (при сварке, например,

нескольких листов продольными и поперечными швами сначала следует сварить поперечные швы, затем продольные);

5) обратные деформации, т. е. придание детали перед сваркой предварительной деформации, обратной той, которую она должна получить при сварке;

6) жесткое закрепление свариваемых деталей в приспособлениях и кондукторах.

В качестве мер борьбы с напряжениями в свариваемых деталях рекомендуется следующее:

1) предварительный или сопутствующий подогрев изделия; в зависимости от конфигурации и размеров изделия подогрев может быть местным или общим; уменьшение разности температур между нагретыми и холодными частями приводит к уменьшению напряжений;

2) уменьшение объема наплавленного металла;

3) отжиг изделия после сварки.

Отжиг является средством, полностью устраняющим внутренние напряжения в изделии, возникающие в нем при сварке. Для снятия напряжений изделие нагревается в печи до $600\text{--}650^\circ\text{C}$ и охлаждается вместе с печью.

Заварка раковин и трещин представляет работу, которую часто приходится выполнять при ремонте машин и агрегатов.

Раковины могут появляться на деталях в результате химического воздействия на металл воды, пара и газов (например, на барабанах паровых котлов).

При выполнении работ по заварке раковин надлежит руководствоваться следующими указаниями:

1) место сварки должно быть вырублено зубилом и зачищено от ржавчины, жиров

и загрязнений до металлического блеска; нельзя допускать острых углов у раковины;

2) заварку вести при малом токе электродами диаметром 3—4 мм небольшими валиками в разбивку, с перерывами; нельзя допускать сильного нагревания листа около места наплавки; каждый валик должен перекрывать соседний на $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$ его ширины;

3) при заварке раковин на барабанах паровых котлов, если площадь наплавки не превышает 200 см², направление наплавленных валиков должно быть перпендикулярно образующей барабана, при заварке раковин площадью более 200 см² последнюю разбивают на квадратные участки со стороной 50—100 мм; наплавку ведут в разбивку с таким расчетом, чтобы валики на соседних участках располагались под углом 90° друг к другу;

4) поверхности наплавленных участков рекомендуется обрабатывать заподлицо с поверхностью листа основного металла.

Электроды подбираются по химическому составу основного металла.

Заварка трещин требует весьма большого навыка в работе. При заварке трещин нельзя допускать быстрого нагрева и охлаждения зоны сварки.

Границу трещины можно определить при помощи магнитоскопии. Концы трещины засверливаются сверлом диаметром 10—15 мм, после чего производится подготовка кромок. Рекомендуется U-образная разделка, так как она требует меньшего количества наплавленного металла. При заварке сквозных трещин, с обратной стороны шва производится подрубка зубилом корня шва и подварка.

Если трещина выходит на кромку, то заварка производится от конца трещины к кромке листа. При расположении трещины в середине листа заварка производится от концов трещины к середине.

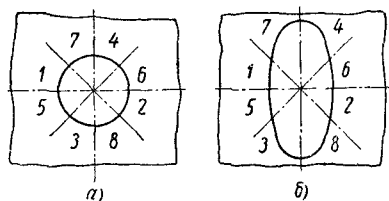
Заварку следует производить электродами диаметром 3—4 мм, многослойной сваркой небольшими валиками. Каждый слой рекомендуется проковывать при помощи пневматического зубила с целью снижения усадочных напряжений и улучшения структуры шва. Верхний валик следует срубить и поверхность шва обработать наждачным камнем для придания плавного перехода от шва к основному металлу.

Варка заплата, так же как и заварка трещин, относится к трудновыполнимым работам в связи с возникновением при сварке больших напряжений. Для умень-

шения напряжений заплата должны делаться круглой или овальной формы; в средней части заплату целесообразно делать выпуклой.

Толщина заплата должна быть равна толщине завариваемой детали. В зависимости от толщины металла делается V-образная или X-образная подготовка кромок. Заплата устанавливается с зазором 2—3 мм и прихватывается небольшими прихватами длиной 15—20 мм. Лучше установку заплата фиксировать с помощью уголков, прихватываемых к телу детали.

Сварку рекомендуется производить участками в последовательности, указанной на фиг. 20, а и б.



Фиг. 20. Последовательность заварки заплата.

Электроды для сварки стали изготавливаются из специальной стальной сварочной проволоки диаметром от 1 до 12 мм, выпускающейся в соответствии с ГОСТ 2246-54.

Для сварки малоуглеродистых сталей применяется проволока марок Св. 08, Св. 08А и Св. 15.

Технические требования к электродам различных марок установлены ГОСТ 2523-51.

Для сварки конструкций в настоящее время применяются исключительно толстопокрытые качественные электроды типов Э-42 и Э-42А (табл. 38).

Сварка чугуна. В неотвеченных случаях, когда деталь не подвергается ударной нагрузке и не требует механической обработки, применяется холодная сварка чугуна малоуглеродистыми электродами с меловой обмазкой. Этот способ сварки применяется при заварке трещин и дефектов площадью до 100 × 50 мм, глубиной не более 5—10 мм.

Во время сварки не должен допускаться чрезмерный нагрев детали, температура ее должна быть такой, чтобы на расстоянии 50—100 мм от только что наплавленного валика деталь можно было свободно держать рукой.

Химический состав чугунных электродов, применяющихся при холодной сварке чугуна, приведен в табл. 27 на стр. 46.

37. Пределы силы тока для электродов разных диаметров [1]

Диаметр элект- рода в мм	2	2,5	3	4	5	6	7	8
Сила тока в а	50—65	60—110	80—130	140—200	190—280	240—350	320—450	400—450

38. Механические свойства основных марок электродов (ГОСТ 2523-51)

Типы электродов	Нормы механических свойств					Марка проволоки по ГОСТ 2246-54	Примерное назначение
	Металл шва		Сварное соединение				
	Предел проч- ности в кг/мм^2	Относительно удлинение в %	Ударная вяз- кость в кг/см^2	Предел проч- ности в кг/мм^2	Угол загиба в град.		
Э-34	—	—	—	34	30	св 08	Для сварки малоответственных кон- струкций
Э-42	42	18	8	42	120	св. 08	Для сварки ответственных конструкций
Э-42А	42	22	14	42	180	св. 03А	Для сварки конструкций, работающих в особо тяжелых условиях

39. Условия применения основных промышленных марок электродов [1]

Типы электродов по ГОСТ 2523-51	Марка электрода (промышленное обозна- чение)	Рекомендуемый род тока и полярность	Возможное положение шва при сварке
Э-42	ОММ-5, МЭЗ-04, ЦМ-7 ЦМ7-с	Переменный и постоян- ный То же	В любом простран- ственном положении Только в нижнем по- ложении
Э-42А	ЦЦ-1, УОНИ-13-45	Постоянный, обратная полярность	В любом простран- ственном положении
Э-50	К-51, К-52	Переменный и постоян- ный	То же
Э-50А	УОНИ-13/55, У-340/55, ЦУ-1	Постоянный, обратная полярность	„

Ввиду того, что прочность холодной сварки чугуна невелика, для ее увеличения при подготовке стыка под сварку по сторонам фаски ввертывают шпильки (завертыши).

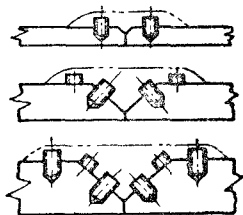
Сварка с применением шпилек (фиг. 21) успешно применяется при восстановлении различных деталей машин и механизмов, как-то: цилиндров, станин, рам, подшипников и т. п. При толщине стенки детали

до 10 мм ставят шпильки диаметром 6—8 мм, для больших толщин применяются шпильки диаметром 10—16 мм. Шпильки ввертываются на глубину, равную 1,5 диаметра. Над поверхностью детали шпильки должны возвышаться на 8—10 мм.

При сварке сильно нагруженных деталей рекомендуется дополнительно приваривать анкера или ребра жесткости.

Небольшие дефекты на деталях простой формы могут завариваться малоуглеродистыми электродами со специальной обмазкой.

Для холодной сварки при ремонте различного фасонного чугунного литья успешно применяются электроды из крас-



Фиг. 21. Схема расположения шпилек при холодной сварке чугуна.

ной меди с оболочкой из жести. Эти электроды применяются также при ремонте деталей, работающих под давлением. Они состоят из сердечника из красной меди диаметром 3—6 мм и оболочки из жести толщиной 0,3 мм. При выполнении сварки на переменном токе на электроды наносится меловая обмазка. Указанные электроды широко применяются для заварки трещин в станинах, суппортах, рычагах и других деталях станков.

По данным Института электросварки имени Е. О. Патона, хорошие результаты

40. Характеристика расплавления отдельных марок качественных электродов [1]

Марка электрода по табл. 39	Род тока	Коэффициент		
		расплавления в Г/а·ч	наплавки в Г/а·ч	потеря в %
ОММ-5	Пере- менный То же "	7,6—9,0	6,5—7,2	15—20
МЭЗ-С4		11,2	8,4—9,1	15—25
ЦМ-7		—	11,0	10

41. Ориентировочная зависимость между площадью одновременной наплавки и толщиной стенки при холодной сварке чугуна [6]

Толщина стенки в мм	6	8	10	12	15	20
Допускаемая площадь непрерывной наплавки в см ²	5—8	15—20	10—12	20—25	25—30	30—35

при холодной сварке чугуна дают электроды из аустенитной хромоникелевой проволоки с медной оболочкой.

В ремонтной практике находит также применение холодная сварка чугуна пучком электродов. Пучок обычно состоит из одного стального и двух медных стержней диаметром 3—4 мм.

В тех случаях, когда требуется обеспечить механическую обработку сварного соединения нормальным режущим инструментом, применяют электроды из медноникелевого сплава (монель-металла) с обмазкой МН4.

Практический интерес представляет пример заварки трещин в stole мощного строгального станка на Ново-Краматорском заводе тяжелого машиностроения. Общая протяженность трещин превышала 40 м. В месте расположения трещин стол имел толщину 40—50 мм.

Заварка трещин велась без предварительного подогрева, с периодическим охлаждением в процессе заварки и непрерывной проковкой шва во время остывания наплавленного валика (при температуре 800—900° С); длина наплавленного за один проход валика не превышала 50 мм при ширине 10—15 мм. Валики накладывались каскадным способом. Для заварки применялись электроды типа монель-металла химического состава: 25—30% Ni, 11—15% Cu, ≤1,0% Mn, ≤0,5% Si с покрытием из 40% графита, 10% мела и 25—30% жидкого стекла к весу покрытия. Применялись также комбинированные электроды из медной трубки с внутренним диаметром 3—4 мм и железного стержня, вставляемого внутрь этой трубки (с меловым покрытием).

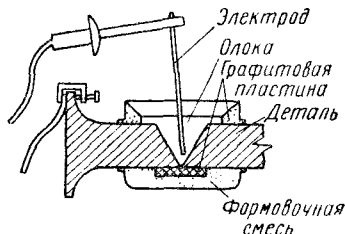
Для электродов диаметром 5 мм сила тока устанавливалась 180—220 а. Сварка проводилась на машинах постоянного тока при обратной полярности.

Горячая сварка чугуна осуществляется в нижнем положении чугунными электродами (табл. 27 на стр. 46) со специальной обмазкой (табл. 42).

При заварке трещин в месте сварки делается разделка с общим углом 70—90°. Учитывая наличие большого объема жидкого наплавленного металла в процессе сварки, исправляемый участок следует заформовать (фиг. 22). В качестве формовочных материалов применяются графитовые пластины и кварцевый песок, замешанный на жидком стекле. Крупные и сложные детали необходимо формовать в стальной опоке.

Перед сваркой деталь нагревается до 600—700° С. Нагрев рекомендуется производить на древесном угле.

Для поддержания ванны в процессе сварки в жидком состоянии сварку целесообразно вести двум сварщикам.



Фиг. 22. Схема горячей сварки чугуна.

Горячая сварка применяется при заварке раковин больших размеров, наращивании плоскостей, заварке трещин, приварке отбитых частей и других дефектов.

Шлаки, образующиеся во время сварки, удаляют из ванны железным скребком.

После сварки деталь необходимо медленно охладить.

Полугорячая сварка выполняется чугунными электродами с местным подогревом*. Местный подогрев детали производится

42. Состав покрытий для чугунных электродов [1]

Наименование основных частей	Марка покрытий и их состав в %		
	ОМЧ-1	УЗГМ	ЦНИИВТ
Электродный стержень . . .	Чугунные прутки по ГОСТ 2671-44 марки Б		
Мел, мрамор	25	13	—
Полевой шпат	25	—	—
Графит	41	45	17
Карборунд	—	—	65
Ферромарганец	9	—	—
Оксид магния	—	9	—
Титановая руда	—	16	4
Алюминий	—	6	15
Кварцевый песок	—	7	—
Поташ	—	—	—
Углекислый барий	—	—	3

* Химический состав чугунных прутков электродов для полугорячей сварки приведен в табл. 27 на стр. 46.

43. Режим сварки чугунными электродами

Диаметр электрода в мм	8	10	12
Сила тока в а . . .	400—500	600—700	800—900
Диаметр электрода в мм	14	16	
Сила тока в а . . .	1000—1100	1200—1300	

до 300—400° С с последующим медленным охлаждением после сварки.

При полугорячей сварке часто можно ограничиться в качестве формовочных материалов графитовыми пластинами, не применяя опок и формовочной земли.

При холодной и полугорячей сварке чугунных деталей, работавших длительное время при повышенных температурах, наблюдается ухудшение свариваемости чугуна, выражающееся в склонности металла шва к образованию пор, а в отдельных случаях к ухудшению сплавляемости шва с основным металлом. Ухудшение свариваемости связано с изменениями, которые происходят в чугуне при его длительной работе под нагревом. Установлено, что одной из основных причин ухудшения свариваемости и парообразования при сварке чугуна является повышенная насыщенность чугуна газами.

При сварке изделия из свариваемого металла выделяются газы, образующие поры в сварочном шве. Путем искусственного нагрева можно удалить находящиеся в чугуне газы из поверхностного слоя до наложения шва и тем самым избежать образования пор. Практика показывает, что достаточным является нагрев до температуры 560—590° С. Нагрев производится газовым пламенем. Нагреву подвергаются окончательно подготовленные к сварке кромки детали.

Трещины большой протяженности нагреваются и завариваются участками по 150—200 мм.

Сварка угольными электродами. При этом способе дуга зажигается между угольным электродом и основным металлом. Для сварки угольным электродом обычно применяется постоянный ток при нормальной полярности (минус на электроде). Длина дуги достигает 12—15 мм.

Процесс сварки осуществляется с помощью специального электрододержателя.

44. Режимы сварки стали угльным электродом [4]

Вид соединения	Толщина металла в мм	Сила тока в а	Диаметр углового электрода в мм	Скорость сварки в м/час
Односторонний стыковой шов	2	200	10	20
	3	300	12	20
	6	350	14	10
	10	400	16	6
	12	500	20	4
	16	600	25	3
Односторонний угловой шов	2	150	10	20
	3	250	10	15
	4	300	10	12
	6	350	12	8
Бортовое соединение (сварка по отбортовке)	1	130	10	30
	1,5	180	10	40
	2	200	10	30

Сварка угльной дугой может выполняться с присадочным металлом и без присадочного металла.

Находит применение также автоматическая сварка угльным электродом под слоем флюса или в атмосфере углекислого газа (сварка бидонов, канистр и т. п.).

Сварка угльным электродом применяется при сварке тонкой листовой стали и цветных металлов.

Сварка цветных металлов и сплавов. Сварка меди и медных сплавов. Дуговая сварка меди производится преимущественно угльным электродом при прямой полярности в нижнем положении шва. Важное значение имеет выбор режима сварки. Вследствие большой теплопроводности меди сварка производится на больших силах тока.

45. Сила тока при сварке меди угльным электродом [12]

Толщина металла в мм	Диаметр графитовых электродов в мм	Сила тока в а
0,9	4	130—180
2	6	195—260
4	6	250—330
6	8	315—430
12	9	420—550

Основным типом соединения является здесь стыковое, причем металл толщиной 6 мм и более сваривают с подготовкой кромок под углом 90°.

Процесс сварки рекомендуется вести возможно быстрее (не менее 0,25 м/мин), заплавляя шов в один проход.

В качестве присадочного металла для сварки меди применяют прутки из фосфористой бронзы с содержанием 0,25% фосфора и 1,5—10% олова. Чем толще основной металл, тем больше олова должен содержать присадочный металл. Удовлетворительные результаты дает также проволока из электролитической меди.

Весьма полезно производить проковку шва в горячем состоянии. Процесс сварки проходит успешнее, если изделие предварительно нагреть.

В качестве электродов или присадочного материала при сварке меди применяют чистую электролитическую медь или медь с незначительной примесью фосфора и серебра (до 1%). В качестве флюса применяется бура. При сварке меди металлическими электродами часто получается пористый шов. Для уменьшения пористости шва в обмозку вводят раскислители — ферросилиций, ферромарганец и др.

При сварке бронзы и латуни в качестве присадочного материала берут прутки того же состава, что и свариваемый металл, или специальные электроды.

Например, для заварки брака бронзового литья и ремонта бронзовых втулок и других деталей применяются прутки следующего состава: 95—96% Cu, 3,85—4,25% Sn, 0,35—0,45% Р.

Для сварки фосфористой бронзы имеют применение электроды с покрытием следующего состава: 50% мела, 20% переплавленной буры, 30% фосфорнокислого натрия, замес на жидком стекле.

В покрытие электродов для сварки алюминиевой бронзы входят: 50% хлористого калия, 12,5% хлористого натрия, 35% криолита, 2,5% древесного угля. Связующим элементом является декстрин.

Детали, работающие при повышенных температурах и под давлением, рекомендуются после сварки отжечь при температуре 650° С.

Детали из алюминиевой бронзы рекомендуются перед сваркой подогреть до температуры 200—300° С.

О ремонте бронзовых деталей наплавкой см. ниже в разделе «Наплавка», стр. 75.

Дуговая сварка латуни наиболее успешно осуществляется электродами из латуни ЛК 80-ЗЛ (80% Cu, 3,6% Si

16,4% Zn) или из проволоки ЛК 62-05 (0,3—0,7% Si) по ТУ ЦМО 1327-54. Покрытие электродов состоит из 26% буры; 26% меднокремнистой лигатуры; 15% хлористого натрия; 17% плавикового шпата, 9% полевого шпата и 7% бихромата калия. Обмазка электродов производится на жидком стекле путем опудривания (обкапывания) сухой смесью компонентов или на нитролаке путем окунания в замес. Толщина слоя покрытия в первом случае 0,4—0,5 мм, во втором 0,6—0,7 мм.

Ток постоянный; прямая полярность дает меньшее газообразование и более глубокий провар. Сила тока может определяться по формуле $I_d = (40 \div 45)d$, где I_d — сила тока в а; d — диаметр электрода в мм.

Для избежания пор в начале шва рекомендуется предварительный подогрев металла (в месте начала наплавки) до 100—150° С.

Дуговая сварка латуни взамен газовой рекомендуется главным образом при сварке деталей толщиной свыше 5 мм, при сварке литых и заварке дефектов в нем, а также при наплавке латуней на массивные изделия из стали*.

Сварка алюминия и его сплавов. Наилучшее качество сварного шва дает аргоно-дуговая сварка алюминия и его сплавов. Аргоно-дуговая сварка производится в защитной среде инертных газов (аргона или гелия) и требует специальной аппаратуры, что затрудняет ее применение для целей ремонта.

Сварку алюминия легче производить угольным электродом, однако удовлетворительные результаты дает и сварка металлическим электродом. В обоих случаях затруднения заключаются в том, что алюминий обладает низкой температурой плавления (658° С) и быстро окисляется в расплавленном состоянии, давая тугоплавкие окислы, плавящиеся при температуре 2050° С.

Качество сварки алюминия в большой степени зависит от состава обмазки — флюса. В практике применяется ряд флюсов. В частности, можно указать на такие составы: 1) хлористого калия 40%, хлористого натрия 30%, криолита 30%; 2) флюса АФ4а 65%, криолита 35%.

Обмазка замешивается на воде и наносится на электроды слоем толщиной 0,6—1 мм. Прокатка прои водится при температуре 140—180° С 2—3 часа.

Из-за гигроскопичности обмазки последняя наносится на электроды незадолго перед их употреблением. По этой же причине хранить алюминиевые электроды нужно в обогреваемом шкафу при температуре 100—120° С.

В качестве электродов применяют алюминиевую проволоку или прутики, отрезанные от основного металла. Хорошие результаты дают алюминиевые электроды с содержанием до 5% Si (проволока марки АК).

Для выбора силы тока при сварке алюминия металлическим электродом можно руководствоваться данными табл. 46.

46. Сила тока при сварке алюминия металлическим электродом

Толщина металла в мм	Диаметр электрода в мм	Сила тока в а
4	4	140—180
6	5	170—200
8	6	220—250
10	8	280—300

Листы толщиной 4—5 мм свариваются без скоса кромок. При толщине металла больше 5 мм делается V-образная подготовка кромок с углом скоса 60°.

Количество слоев шва следует делать возможно меньшим, чтобы избежать шлаковых включений.

Процесс сварки рекомендуется вести возможно быстрее, с применением теплоотводящих подкладок под швом.

При сварке алюминиевого лития применяется предварительный подогрев детали.

После сварки необходимо удалить со шва и прилегающей зоны остатки флюса механической очисткой щетками и промывкой горячей водой.

Аналогично алюминию свариваются многие алюминиевые сплавы, в том числе силумин (сплав алюминия, содержащий 10—12% Si).

Сварка электрозаклепками и точечными швами. Сварка листов и других деталей электрозаклепками применяется там, где использование контактной точечной сварки затруднительно или отсутствуют машины для контактной сварки.

Для сварки тонких листов не требуется столь точной подгонки и тщательной очистки свариваемых листов, как при контактной сварке.

Диаметр электрозаклепок обычно равен двум — четырем толщинам свариваемых листов.

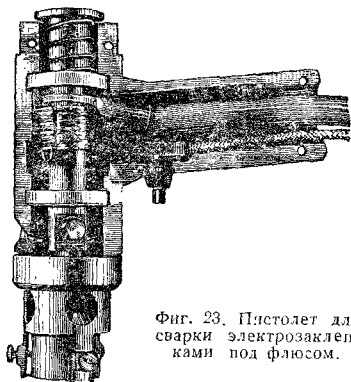
Отверстия в верхнем листе перед сваркой просверливаются или прокалываются

* О наплавке латуни на сталь см. в разделе „Наплавка“, стр. 75.

на прессах. Диаметр отверстия должен превышать диаметр электрода не менее чем на 2—6 мм.

В случае сварки листов без предварительной проколки отверстий необходимо более плотное прижатие листов. Зазор в месте постановки точки не должен быть более 0,15 мм. Без проколки отверстий легко могут быть приварены листы толщиной не более 2—3 мм.

Листы толщиной 4—6 мм свариваются без просверливания или прокалывания отверстий с помощью специальных сварочных пистолетов с подачей электродной проволоки (фиг. 23).



Фиг. 23. Пистолет для сварки электрозаклепок под флюсом.

При сварке электрозаклепок электродом 5 мм величина тока короткого замыкания в момент возбуждения дуги должна быть около 850—900 а.

Электрозаклепки с успехом могут завариваться шланговыми полуавтоматами типа ПШ-5, ПШ-54 или ПДШ-500.

47. Режим сварки электрозаклепками с отверстием в верхнем листе [2]

Толщина металла в мм	Диаметр электрода в мм	Сила тока в а
2+2	4	400—500
3+3	4	450—500
4+4	4	500—600
5+5	5	600—750
6+6	5	800—900
7+7	8	1200—1300

Примечание. Толщина нижнего листа может быть много больше верхнего; при этом режим сварки остается практически без изменения.

Автоматическая и полуавтоматическая сварка. Автоматическая сварка под флюсом дает возможность механизировать основные операции — возбуждение дуги, поддержание горения дуги, подачу электродной проволоки, перемещение дуги вдоль шва, заварку кратера в конце шва.

Производительность автоматической сварки под флюсом в 5—10 раз выше производительности при ручной сварке, причем производительность повышается с увеличением толщины свариваемого металла. Кроме высокой производительности, автоматическая сварка обеспечивает высокое качество шва, экономию электроэнергии и сварочных материалов.

Для автоматической сварки применяются сварочные тракторы ТС-17М, УТ-1200, АДС-1000 и др.

Для полуавтоматической сварки применяются полуавтоматы ПШ-5, ПДШ-500 и АДШ-500.

48. Области применения отдельных марок флюсов [2]

Марка флюса	Марка свариваемой стали	Марка электродной проволоки (ГОСТ 2246-54)	Применение
ОСЦ-45	МСт.1; МСт.2	Св.08, Св.08А, Св.15	Автоматическая сварка соединений всех типов за исключением кольцевых швов малого диаметра
АН-348А	МСт.1, МСт.2, МСт.3	Св.08, Св.08А	Автоматическая и шланговая полуавтоматическая сварка соединений всех типов
АН-348Ш	То же	То же	Шланговая полуавтоматическая сварка соединений всех типов
ФЦ-6	МСт.1, МСт.2, МСт.3	Св.15, Св.12м	Автоматическая многопроходная сварка больших толщин

Автоматическая и полуавтоматическая сварка успешно применяется не только в массовом и серийном производстве, но и в ремонтном деле (наплавка ходовых колес мостовых кранов, подшипников, шестерен и других деталей).

Для автоматической сварки малоуглеродистых сталей применяется сварочная проволока по ГОСТ 2246-54, марок Св. 08, Св. 08А, Св. 08Г, Св. 08ГА и Св. 15 и плавленные флюсы марок ОСЦ-45, АН-348А, ФЦ-6 и др. (табл. 48).

Размер зерен флюса, применяемого для автоматической сварки, должен быть в пределах от 0,5 до 3,0 мм.

Флюс перед употреблением рекомендуется прокалить при температуре 200—300° С.

В настоящее время находят применение неплавленные керамические флюсы, предложенные акад. К. К. Хреновым.

Керамические флюсы обеспечивают получение сварных швов с меньшей пористостью, особенно при сварке ржавого металла. Наибольшее практическое применение имеют керамические флюсы марок К-1 и К-2.

Электрошлаковая сварка. Наиболее прогрессивным способом механизированной сварки толстого металла является способ электрошлаковой сварки, разработанный Институтом электросварки имени Е. О. Патона.

Электрошлаковая сварка основана на использовании тепла, выделяющегося в жидком шлаке при прохождении сварочного тока. Тепло, генерируемое в жидком шлаке и в металлической ванне, используется для расплавления основного и присадного металлов, которые образуют сварной шов.

Чтобы осуществить электрошлаковую сварку, кромки изделия устанавливают так, чтобы шов занимал вертикальное положение. Плавильное пространство представляет собой своего рода глубокую шахту, две стенки которой образуют кромки, подлежащие сварке, а две другие стенки — медные ползуны, охлаждаемые водой (фиг. 24). По мере заполнения шва сварочный автомат и ползуны перемещаются вдоль кромок снизу вверх.

Новый способ сварки обеспечивает высокое качество наплавленного металла и высокую производительность. Электрошлаковой сваркой можно успешно сваривать высокоуглеродистые и легированные стали.

С помощью электрошлаковой сварки можно сварить за один проход металл

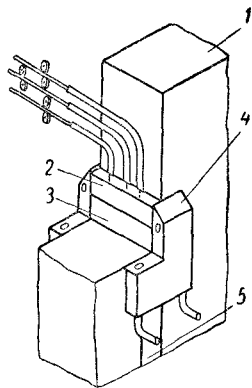
практически неограниченной толщины без специальной разделки кромок.

Этим способом сварки представляется возможным сваривать:

а) продольные (прямолинейные) стыковые и угловые швы толстых плит, цилиндрических обечаек, колонн, станин и т. д.;

б) кольцевые, стыковые и угловые швы любого сечения;

в) толстостенные детали переменного или круглого сечения, например лопадки



Фиг. 24. Схема процесса электрошлаковой сварки: 1 — свариваемый металл; 2 — шлаковая ванна; 3 — металлическая ванна; 4 — медный ползун; 5 — сварной шов.

статоров и роторов гидротурбин, уникальные толстостенные полые или сплошные валы и т. д.

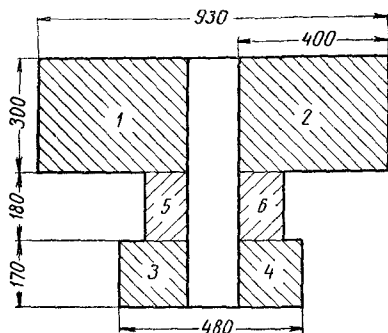
Электрошлаковая сварка находит применение в частности при сварке станин мощных ковочных прессов на Ново-Краматорском заводе имени Сталина, при сварке стоек каркасов мартеновских печей и т. д.

Применение электрошлаковой сварки позволяет требующиеся при ремонте оборудования станины, рамы и другие крупные детали изготавливать не литыми, а сварно-литыми или ковано-литыми с последующей их сваркой.

Электрошлаковый способ сварки дает возможность значительно быстрее и надежнее других способов производить заварку трещин в литых стальных деталях тяжелого оборудования — станинах прессов, молотов, станков, ножниц и т. п.

Известен случай успешной заварки электрошлаковым способом лопнувшей станины мощного гидравлического пресса. Трещина на стойке двутаврового сечения размером 930 × 650 мм была разделана огнем до затора 20—30 мм и заварена четырьмя блоками 1 и 2 (фиг. 25) размером 300 × 400 мм, 3 и 4 размером 175 × 170 мм; блоки 5 и 6 были заварены вручную. Объем

наплавленного металла составил 500 кг. Вся работа заняла по времени 70 час. сварки и 70 час. рубки. Для сварки вручную нужно было бы затратить 450 рабочих часов. Экономия составила 3600 руб.



Фиг. 25. Последовательность электрошлаковой заварки трещины в станине пресса сложного сечения.

Для электрошлаковой сварки требуется специальная аппаратура — автоматы типа А-372, А-433 или другие.

Основные правила техники безопасности при электросварке. Сварочная дуга является мощным источником излучений, включающим видимые световые и невидимые инфракрасные и ультрафиолетовые лучи. Наиболее отрицательно воздействуют на глаза и кожу человека ультрафиолетовые лучи. Даже кратковременное действие лучей дуги вызывает заболевание глаз, называемое электроофтальмией.

Действие излучений дуги на глаза при расстоянии 10 м сильно ослаблено, а при большем расстоянии становится практически незаметным.

Помимо электросварщиков офтальмией часто страдают слесари, сборщики и подсобные рабочие, работающие на участке производства сварочных работ.

В процессе сварки защита глаз и лица осуществляется щитками со специальными защитными темными стеклами.

В Советском Союзе для электросварщиков выпускаются защитные стекла типа ЭС, а для газосварщиков — типа ГС (табл. 49).

Для защиты от света дуги окружающих сварщика лиц необходимо применять щиты или ширмы.

Во избежание ожога брызгами расплавленного металла сварщик должен работать в брезентовой спецодежде и рукавицах.

Электросварщику непрерывно приходится иметь дело с электрическим током. Следует учесть, что ток порядка 0,1 а может оказывать смертельно опасным. Для

49. Марки защитных стекол, применяемые при сварке

№ свето-фильтра	Виды работы, при которых применяются свето-фильтры	Тип свето-фильтра
1	Электродуговая сварка при силе тока до 500 а	ЭС-500
2	Электродуговая сварка при силе тока до 300 а	ЭС-300
3	Электродуговая сварка при силе тока до 100 а	ЭС-100
4	Для подсобных рабочих и сборщиков при электродуговой сварке, а также для газосварщиков	ГС-3 ГС-7

уменьшения опасности сварочные машины и аппараты должны заземляться. Не допускается применение при сварке оголенных (без изоляции) проводов.

Дополнительные меры предосторожности необходимо применять при сварке в сырых помещениях, на судах, внутри котлов и резервуаров и т. д.

При работе внутри сосудов сварщики должны работать с подручным, который при надобности мог бы оказать им помощь. Рекомендуется применение резинового коврика.

Искусственное освещение разрешается применять напряжением не более 12 в.

С особой осторожностью должна производиться сварка баков, цистерн и бочек из-под нефтепродуктов, так как нагрев при сварке может вызвать в данном случае взрыв. Поэтому тару из-под нефтепродуктов следует до сварки тщательно очистить и промыть горячей водой.

При сварке электродами с качественными обмазками имеет место выделение вредных газов. Это требует устройства вытяжной вентиляции помещения. При сварке внутри сосудов рекомендуется применение местной приточной вентиляции, так как вытяжная в этом случае малоэффективна.

Особые методы сварки

Атомно-водородная сварка. Атомно-водородное пламя создается дугой, горящей между вольфрамовыми электродами в атмосфере водорода, который подается в горелку из баллона.

При атомно-водородной сварке получают весьма плотный и чистый шов, с высокими механическими свойствами. Приемы атомно-водородной сварки во многом сходны с приемами газовой сварки. Толщины до 3 мм свариваются атомно-водородной сваркой без присадочного металла. Металл толщиной 3 мм и больше, как правило, сваривается с применением присадки.

Атомно-водородной сваркой весьма хорошо свариваются многие высоколегированные стали, в частности хромомолибденовые, хромансиль, нержавеющие, жароупорные и др.

Хорошие результаты дает также сварка алюминия. Сварка меди затруднена вследствие высокой растворимости водорода в жидкой меди.

Термитная сварка. При термитной сварке для разогрева свариваемых кромок используется тепло, выделяемое сгоранием термита — смеси окиси железа (окалина) и алюминиевого порошка. При сгорании термита развивается температура до 3500—4000° С.

Термитная сварка имеет широкое применение для соединения рельсов городских железных дорог.

За последние годы указанный способ получил также некоторое применение при сварке труб, ремонте крупных деталей, сварке стержней, проводов и т. д. Соединяемые стыки перед сваркой формуются.

Термитный металл расплавляют в тигле, установленном над свариваемым стыком, откуда его выливают в подготовленную форму. Зажигают термит специальной запальной смесью или электрической дугой.

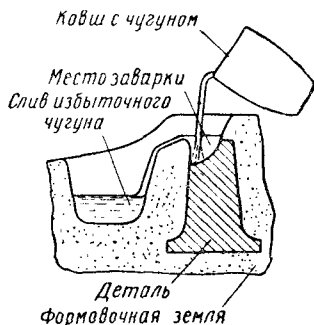
Жидкий термитный металл заполняет зазор между свариваемыми деталями и расплавляет их торцы. Для сжатия соединяемых частей используют специальные стяжные прессы.

Термитом можно сваривать различные изделия, выполняя наплавочные работы и термитную отливку мелких деталей.

Литейная заварка чугуна. В отдельных случаях исправление дефектов чугунного литья в виде недоливов, трещин, пористости и других пороков производится

жидким чугуном. Преимуществами этого способа являются использование обычного литейного оборудования и однородность заваренного места с металлом детали.

Носителем теплоты и присадочным металлом является в данном случае струя перегретого жидкого чугуна, направляемая на завариваемое место. Вследствие малого запаса отдаваемой теплоты в жидком чугуне его приходится подавать в избыточном количестве, не менее чем в 10 раз превышающем объем наплавки.



Фиг. 26. Схема литейной заварки чугуна.

Излишек чугуна сливается и идет в переплавку. Детали большого сечения перед сваркой грубо разделяют для облегчения прогрева их жидким чугуном и тщательно заформовывают, чтобы удовлетворить условиям заливки и слива чугуна. Схема процесса показана на фиг. 26.

Деталь предварительно подогревают до температуры 650—700° С, жидкий чугун льют равномерной струей. Степень расплавления основного металла проверяется стальным прутком. После достижения нужного оплавления прекращают подачу чугуна, и деталь закрывают для равномерного и медленного охлаждения.

Контроль сварных соединений

Качество сварного шва и соединения в целом зависит как от выполнения сборочных и сварочных операций, так и от качества применяемых материалов и принятого технологического процесса изготовления или ремонта конструкции. Без тщательно разработанного и подготовленного техпроцесса нельзя приступать к выполнению сварочных работ.

Организация контроля качества сварки состоит из проверки качества исходных материалов, технологической документации и квалификации сварщиков. Для ответственных сварных конструкций этот контроль производится на основании соответствующих правил или технических условий, например Правил Госгортехнадзора, Правил Морского регистра и т. п.

Проведение контроля сварных соединений должно соответствовать также ГОСТ 3242-54, регламентирующему следующие виды контроля сварных швов:

1) контроль наружных и внутренних дефектов,

2) контроль непроницаемости швов.

Контроль наружных и внутренних дефектов в швах и околошовной зоне выполняется следующими методами:

а) внешним осмотром и измерением,

б) технологическими пробами;

в) исследованием макроструктуры;

г) контролем магнитным порошком;

д) рентгено- или гаммаграфированием.

Контроль внешним осмотром и измерением. Все сварные швы в изделиях и конструкциях независимо от степени их ответственности и последующего способа контроля обязательно подвергаются внешнему осмотру. Сварной шов и прилегающий к нему основной металл на участке не менее чем на 20 мм с каждой стороны должен быть тщательно очищен от шлака, брызг и других загрязнений.

Все соединения должны проверяться на возможность появления трещин в шве и в зоне термического влияния.

Поверхность шва должна быть ровной и гладкой, с равномерной чешуйчатостью.

Хороший шов характеризуется плавным переходом к основному металлу, без наплывов и подрезов, равномерной шириной по длине шва; поверхность шва должна иметь нормальную мелкую чешуйчатость без бугорков и седловин.

Обнаруженные внешним осмотром дефекты шва, выходящие за пределы допускаемых техническими условиями, должны быть удалены и такие участки швов — заварены.

По внешнему виду сварного шва можно отчасти судить о его качестве. Так, например, при подрезе с одной стороны шва возможен непровар по кромке. В местах частых перерывов дуги возможно скопление пористости и непровар корня шва. Ноздреватость поверхности шва дает основание ожидать неплотностей в наплавлен-

ном металле и засорения неметаллическими включениями.

В стыковых соединениях проверяют величину усиления и ширину основного и подварочного швов; в нахлесточных, тавровых и угловых — размеры катетов швов и форму наружной поверхности, у прерывистых швов проверяют длину участков швов и их шаг. Контроль проводится специальными или универсальными шаблонами.

Размеры швов, их форма и подготовка кромок под сварку должны отвечать требованиям ГОСТ 5264-56 «Швы сварных соединений. Ручная электродуговая сварка. Конструктивные элементы».

При приемке шва по наружному виду для ответственных сварных соединений применяют другие, более сложные методы контроля. Хорошие результаты дает контрольная засверловка швов. В сомнительных местах или в местах, определяемых техническими условиями, швы засверливаются сверлом, диаметр которого на 2—3 мм больше ширины шва. Засверловка позволяет обнаружить непровар корня шва, непровары по скосам кромок, внутренние трещины, поры и шлаковые включения. Поверхность засверловки для лучшего контроля иногда зачищают наждачной бумагой и протравливают 10—12%-ным водным раствором двойной соли, хлористой меди и аммония.

Контроль швов на непроницаемость производится в изделиях, которые предназначены для хранения жидкостей и газов, а также котлов и сосудов, работающих под давлением.

Испытание на непроницаемость может производиться керосином, статическим давлением воздухом с обмазкой швов мыльной водой или с погружением изделия в воду, обдувом аммиаком, гидравлическим давлением, наливом и поливом.

При испытаниях воздушным и гидравлическим давлением должны соблюдаться правила техники безопасности согласно специальным инструкциям.

Испытание керосином применяется преимущественно для проверки плотности швов в сосудах для жидкостей без давления. Шов закрашивается меловым раствором со стороны, более доступной для устранения выявленных дефектов. После высыхания мелового раствора обратная сторона шва смачивается керосином. При наличии пор и неплотностей керосин выступает на окрашенной мелом поверхности шва в виде жирных точек или полосок.

В зависимости от толщины материала обследование шва для выявления жирных пятен производится по истечении времени от 15 мин. до 3 час.

Смачивание повторяется при испытании 2—3 раза.

Для испытания аммиаком (способ Назарова) изделие заполняется сжатым воздухом с добавлением 1% аммиака от объема воздуха в изделии. На испытуемые швы накладывается бумага или бинт, пропитанные 5%-ным водным раствором азотнокислой ртути.

Через поры или другие дефекты, нарушающие плотность швов, аммиак действует на бумагу, оставляя на ней черные пятна, по которым точно фиксируются дефектные участки.

Снятая после контроля бумага может служить документом о качестве шва. Вместо бумаги можно применять медицинский бинт, который после промывки в воде может быть использован многократно.

Способ контроля аммиаком значительно чувствительнее, дешевле и быстрее, чем способ испытания сжатым воздухом с обмывкой мыльной водой, и дает возможность проверять швы при низкой температуре.

Испытания цистерн, резервуаров и других сосудов на плотность сварных швов сжатым воздухом в летних и зимних условиях (практически до -35°C) можно проводить, применяя водный раствор лакричного (солодкового) корня с водным раствором хлористого натрия или хлористого кальция.

Экстракт лакричного корня является лучшим пенообразующим индикатором. По сравнению с мыльным раствором он обладает рядом преимуществ и дает более отчетливую и устойчивую пену.

Рабочий раствор готовят путем разбавления водой концентрированного раствора или растворения в воде сухого или густого экстракта. При отсутствии экстракта лакричного корня рабочий раствор можно приготовить из порошка лакричного корня, залив его кипятком и перемешивая в течение 10—12 мин.

Количество хлористых солей, вводимых в раствор, зависит от того, при какой отрицательной температуре производится испытание швов.

Раствор обильно наносится на сварные швы мягкой кистью заметным слоем, чтобы могла образоваться пена при прохождении воздуха.

50. Количество хлористого кальция или хлористого натрия в растворе на 1 л воды в зависимости от температуры испытания

Температура испытания швов в $^{\circ}\text{C}$	Хлористый кальций в г/л	Хлористый натрий (поваренная соль) в г/л
0 до -5	100	83
-5 „ -10	170	160
-10 „ -15	220	222
-15 „ -20	263	290
-20 „ -25	303	Не применяется
-25 „ -30	329	То же
-30 „ -35	366	„

Рабочий раствор получается смешиванием указанных в табл. 50 растворов: в 1 л раствора хлористой соли следует влить 15 г концентрированного лакричного экстракта.

Гидравлические испытания осуществляются путем заполнения испытуемого сосуда водой с созданием дополнительного давления гидравлическим прес-сом.

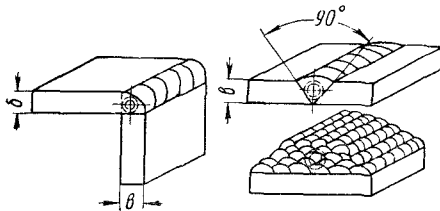
Способ испытания, время выдержки, величина давления (обычно от полуторного до двойного рабочего) и допускаемой утечки устанавливаются в зависимости от назначения изделия и оговариваются в технических условиях и правилах.

После выдержки под повышенным давлением последнее снижают до нормального рабочего и на расстоянии 15—20 мм от края шва производят обстукивание изделия легкими ударами молотка весом 0,4—1,5 кг с круглым бойком и тщательно осматривают шов. Неплотности обнаруживают по каплям, струйкам или намоканию (потению) шва. Перед исправлением швов сваркой вода из сосуда должна быть слита.

Механические испытания сварных швов и соединений. Порядок и методы механических испытаний сварных швов и соединений регламентирован ГОСТ 6996-54 «Методы определения механических свойств металла шва и сварного соединения».

Для испытания наплавленного металла швов, а также для испытания качества

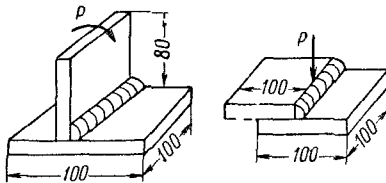
электродов образцы вырезают из шва стыковых или угловых соединений или из специально приготовленных наплавов (фиг. 27 и 28).



Фиг. 27. Формы сварных образцов для изготовления гагаринских образцов для испытания наплавленного металла швов.

Стандарт устанавливает методы следующих видов испытаний:

- а) испытание металла шва на растяжение;
- б) испытание металла шва и металла зоны термического влияния на ударный изгиб (на надрезанных образцах);



Фиг. 28. Образцы технологической пробы для испытания качества электродов и квалификации сварщика.

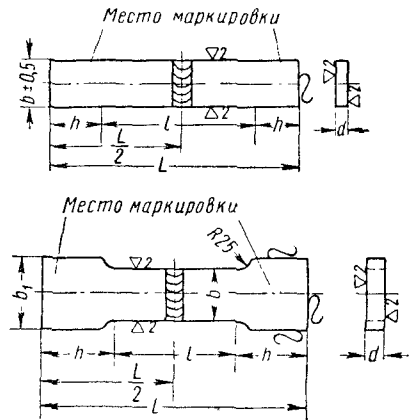
- в) определение чувствительности металла шва к старению после наклепа;
- г) испытание сварного соединения на растяжение;
- д) испытание сварного соединения на ударный разрыв;
- е) определение твердости сварного соединения;
- ж) испытание сварного соединения на изгиб (загиб);
- з) испытание сварного соединения на сплющивание (на трубках).

Выбор необходимых видов испытаний и условий их проведения, а также введение дополнительных испытаний, не вошедших в стандарт, устанавливается стандартами или техническими условиями на данный вид продукции.

Испытание металла шва на растяжение производится на пятикратных гагаринских образцах диаметром 6 или 3 мм; допу-

скается также применение пятикратных образцов диаметром 10 мм.

Определение прочности сварного соединения на растяжение производится на плоских образцах согласно фиг. 29.



Фиг. 29. Формы плоских образцов для определения прочности сварного соединения на растяжение.

51. Размеры в мм плоских образцов для определения прочности сварного соединения на растяжение (ГОСТ 6996-54) (фиг. 29)

Толщина металла	Ширина рабо- чей части образца b	Ширина за- хватной части образца b_1	Длина рабо- чей части образца l	Общая длина образца L
До 4,5	15	25	50	$l + 2h$
Св. 4,5 до 10	20	30	60	
„ 10 „ 25	25	35	100	
„ 25 „ 50	30	40	160	

Примечания: 1. Длина захватной части образца h устанавливается в зависимости от конструкции испытательной машины

2. Размеры образца при толщине металла более 50 мм устанавливаются соответствующими техническими условиями

Выбор типа образца ГОСТ не устанавливается.

Усиление шва должно быть снято механическим способом заподлицо с основным металлом. Строгать усиление шва следует

поперек шва. Ось образца должна совпадать с серединой шва. Острые кромки образца должны быть закруглены радиусом не более 1,0 мм путем сглаживания грани напильником.

По требованиям технических условий на данный вид продукции разрешается производить испытание образцов без снятия усиления. В этом случае в формулу подсчета результатов испытания вводится значение площади сечения образца вне шва.

При снятии усиления разрешается снимать основной металл на всей рабочей части образца на глубину до 1 мм с каждой стороны.

Основные правила производства ответственных сварочных работ [10]

При сварке и ремонте ответственного оборудования, подведомственного Госгортехнадзору, необходимо руководствоваться правилами Госгортехнадзора.

Методы сварки правилами Госгортехнадзора не регламентируются, поэтому при изготовлении, монтаже и ремонте как неподведомственных, так и подведомственных Госгортехнадзору объектов допускается применение любого промышленного метода сварки, который обеспечивает надлежащее качество сварных соединений.

При выполнении сварочных работ по объектам, подведомственным Госгортехнадзору, электродуговой сваркой обязательно применение электродов с качественным покрытием по ГОСТ 2523-51, а при выполнении газовой сварки — сварочной проволоки марок Св. 08 и Св. 08а по ГОСТ 2246-54.

Электроды и сварочная проволока могут быть пущены в производство при наличии сертификата, удостоверяющего их качество. При отсутствии сертификата обязательно испытание наплавленного металла шва.

Правила Госгортехнадзора предусматривают обязательное испытание сварщиков, допускаемых к выполнению ответственных сварочных работ при изготовлении, монтаже и ремонте поднадзорных объектов.

К основным испытаниям допускаются сварщики в возрасте не менее 18 лет, проработавшие по своей специальности не менее 6 мес. К дополнительным испытаниям допускаются сварщики, сдавшие основные испытания и проработавшие по своей специальности не менее 1 года.

Испытания производятся квалификационными комиссиями на предприятиях,

где сварщики работают, или в школах, где они обучаются.

Испытания производятся квалификационной комиссией предприятия в составе технического руководителя предприятия или его заместителя (председатель комиссии), представителя ОТК, начальника цеха, преподавателя по сварке и представителя бюро техники безопасности.

Сварщики подвергаются теоретическим и практическим испытаниям.

Практические испытания проводят на образцах из мартеновской углеродистой стали Ст. 2 или Ст. 3 по ГОСТ 380-50, котельной стали марок 15к, 20к по ГОСТ 5520-50 или конструкционной стали марок 10 и 20 по ГОСТ 1050-52.

При сварке должны применяться электроды марки Э-42 по ГОСТ 2523-51 и присадочная проволока марок Св. 08, Св. 08А и Св. 15 по ГОСТ 2246-54.

Для практической проверки сварщиков устанавливаются следующие виды испытаний: предварительное технологическое испытание на образцах размером 100 × 100 мм, сваренных внахлестку и втавр, и испытание на растяжение и на загиб соединений, сваренных в стык.

Сварщик должен выполнять сварку образцов в тех положениях, в каких он будет работать в производственных условиях. Из пластин, сваренных в стык, вырезаются два образца для испытания на растяжение и два на изгиб. Формы образцов принимаются по ГОСТ 6996-54. Испытания сварщиков, работающих на дуговых автоматах, проводятся на образцах длиной не менее 0,5 м. Сварщики считаются выдержавшими испытания, если механические и другие свойства образцов соответствуют требованиям, указанным в табл. 52 и 53.

Сварщик, получивший неудовлетворительную оценку, может быть допущен к повторным испытаниям в срок, устанавливаемый комиссией.

Сварщики, допускаемые к выполнению сварочных работ, которые требуют специальных навыков (сварка легированных сталей, углеродистых сталей с содержанием углерода выше 0,28%, сварка металла толщиной более 25 мм), должны подвергаться дополнительным теоретическим и практическим испытаниям.

Сварка металлоконструкций может производиться при наличии утвержденного технологического процесса.

В случае применения при сборке прихватки они должны быть наплавлены с применением тех присадочных материа-

52. Нормы механических свойств наплавленного металла по правилам Госгортехнадзора [10]

Свойства наплавленного металла	Для легированных сталей		Для углеродистых сталей	
	Электродуговая сварка	Газовая сварка	Электродуговая сварка	Газовая сварка
Предел прочности в кг/мм^2	Не ниже нижнего предела прочности основного металла			
Относительное удлинение в % не менее	16	12	18	16
Ударная вязкость в кгм/см^2 не менее	5	4	8	4

53. Результаты испытаний, признаваемые по правилам Госгортехнадзора [10] удовлетворительными

Вид испытания и метод сварки	Результат испытания
Технологическое испытание (электродуговая и газовая сварка)	Удовлетворительный провар по всему контуру. Глубина подреза не превышает 0,5 мм. В изломе не обнаружено крупных раковин, пузырей, шлаковых включений и т. п.
Испытание на растяжение (электродуговая и газовая сварка)	Средний предел прочности не ниже нижнего предела прочности основного металла
Испытание на загиб: электродуговая сварка, толщина стенки менее 15 мм То же при толщине стенки более 15 мм Газовая сварка независимо от толщины	Угол загиба не менее 120° " " " " 100° " " " " 100°

лов, которые допускаются правилами выполнения сварочных работ.

Обработка деталей под сварку может производиться механическими или автогенными методами при условии обеспечения необходимой формы кромок в соответствии с требованиями проекта.

Правилами Госгортехнадзора предусматривается выполнение всех сварочных работ в зимнее время преимущественно в отапливаемых помещениях.

Наплавка

Наплавка износоустойчивыми и легированными сплавами. Наплавка является разновидностью сварки, отличающейся от последней главным образом тем, что задачей здесь является не соединение металлических деталей или частей в одно целое, а наращивание металла на деталь

путем наплавления на основной металл присадочного материала. Поэтому все основные технологические положения сварки и правила техники безопасности при сварочных работах относятся также и к работам по наплавке.

Наиболее целесообразно производить восстановление изношенных поверхностей деталей машин наплавкой специальных сплавов, обладающих высоким сопротивлением износу. Кроме непосредственного эффекта, выражающегося в повышении срока службы этих деталей от 2 до 6 раз и более, наплавка твердых сплавов дает возможность длительное время сохранять размеры и геометрию деталей машины.

Наплавкой можно получить поверхностный слой, имеющий почти любой заданный состав и образующий одно целое с основным металлом.

Области применения ручной и автоматической наплавки не должны ограничиваться исправлением деталей, подвергающихся абразивному износу. Технические возможности наплавочных процессов должны быть широко использованы в области покрытия деталей жаростойкими, жаропрочными, коррозионноустойчивыми и другими сплавами. Наплавка твердых сплавов широко применяется также при изготовлении металлорежущего инструмента.

Наплавка на новые или на изношенные детали машин и механизмов, особенно на детали из легированных или высокоуглеродистых сталей и на инструмент, требует применения последующей термообработки, а иногда и предварительного подогрева детали в целях предупреждения появления трещин и отколов наплавленного слоя.

Для устранения деформации деталей от наплавки, могущей вывести детали в брак, часто приходится применять сложную технологию наплавки и почти в каждом отдельном случае назначать специальную последовательность наложения сварных швов (слоев). Эти недостатки наплавочных работ перекрываются выгодами, которые получает производство от эксплуатации наплавленных деталей машин и механизмов.

Механизированные и автоматические методы наплавки легированных сплавов дают по сравнению с ручной наплавкой в 10—15 раз большую производительность и обеспечивают высокое качество наплавленного металла (табл. 54).

54. Производительность наплавочных работ при различных способах наплавки

Способ наплавки	Производительность в кг/час
Ручная электродуговая . . .	0,8—1,0
" газовая	0,3—0,5
" присадкой порошковой	1,6—1,8
Автоматическая порошковой проволокой	5—15
Автоматическая двухэлектродной проволокой	8—20

Наплавку металла автоматическим путем можно осуществить:

- 1) обычной дугой под флюсами плавяемыми или керамическими;
- 2) одновременно последовательной наплавкой двумя дугами;
- 3) независимой электрической дугой;
- 4) комбинированной и трехфазной дугой;

5) параллельной наплавкой многими дугами;

6) индукционным нагревом т. в. ч.;

7) электрошлаковой сваркой;

8) электровибрационным способом.

Электроды для ручной дуговой наплавки.

В промышленности применяются следующие типы электродов для наплавочных работ:

а) электроды со стержнем из малоуглеродистой стали и с легирующими покрытиями (ЦН-250, Т-590, МВТУ-1 и др.);

б) электроды со стержнем из легированной стали и с защитным покрытием (ЦС-1, ЦС-2 и др.);

в) электроды комбинированного типа, в которых легирование через стержень дополняется легированием через покрытие (ЦШ-3, НЖ-2 и др.).

По назначению наплавочные электроды подразделяются на электроды для наплавки кузнечного инструмента (штампов, пуансонов и т. п.), для наплавки быстроизнашивающихся деталей машин, станков и других механизмов, для наплавки рельсов, режущего инструмента и др.

Краткая характеристика ряда марок электродов для наплавочных работ дана в табл. 55 и 56, в которых также приведены марки проволоки и составы покрытий.

В качестве электродов для ручной наплавки открытой дугой могут быть использованы куски порошковой проволоки * после нанесения на них качественного покрытия. Куски порошковой проволоки могут также использоваться в качестве присадочных прутков при газовой наплавке.

Автоматическая наплавка. Для получения наплавленного слоя металла необходимого состава, с заданными механическими свойствами возможны два принципиально различных способа легирования наплавленного металла: через проволоку или же через флюс.

Способы легирования через проволоку следующие:

а) сварка легированной электродной проволокой под обычным флюсом;

б) сварка по легированной присадочной проволоке, уложенной в разделку шва или на поверхность детали;

в) легирование путем подачи в дугу добавочной проволоки, которая вносит в сварочную ванну нужные примеси или восстанавливает их из флюса;

* См. ниже в разделе „Наплавка порошковой электродной проволокой“, стр. 72.

55. Электроды для наплавки деталей машин [1]

Марка электрода	Назначение	Твердость наплавленного металла в состоянии после наплавки	Коэффициент наплавки в $F/a \cdot \tau$
ЦН-250	Для наплавки изношенных поверхностей деталей из машиноподелочных сталей. При наплавке крупных деталей рекомендуется предварительный подогрев до 300—400° С: однослойная наплавка	$H_B = 228 \div 269$ $H_B = 217 \div 226$	8,6
ЦН-350	трехслойная наплавка То же; применяются, когда требуется большая твердость наплавки: однослойная наплавка	$H_B = 241 \div 302$ $H_B = 255 \div 387$	8,6
ОМГ	трехслойная наплавка Для однослойной наплавки изношенных деталей из стали Гадфильда	$H_B = 225$	—
ЦС-1	Для наплавки сормайтм быстроизнашивающихся деталей, а также инструмента (ножей, штампов, пуансонов и т. п.). Для крупных деталей рекомендуется подогрев до 400° С	$R_C = 48 \div 54$	10—12
МВТУ-1	Для наплавки изнашивающихся поверхностей деталей машин, работающих на динамическую нагрузку с абразивным износом	$R_C = 44 \div 48$ $R_C = 25 \div 27$	10,4 7,7
МВТУ-2	Для наплавки кузнечно-прессового инструмента и быстроизнашивающихся деталей, требующих механической обработки после наплавки: после отжига	$R_C = 24 \div 27$ $R_C = 56 \div 60$	—
Т-540	после закалки и отпуска Для наплавки поверхностей быстроизнашивающихся деталей, не обрабатываемых после наплавки (зубья ковшей экскаваторов, ножи торфососов и т. п.)	$R_C = 60 \div 65$	—
Т-590А	Для наплавки деталей, подвергающихся ударным нагрузкам (била, детали дробилок, мельниц и т. п.)	$R_C = 55 \div 60$	—
Т-620			

56. Электроды для наплавочных работ [1]

Марка электрода	Электродный стержень	Коэффициент веса покрытия в %	Состав покрытия в весовых %								Количество жидкого стекла в % веса остальных компонентов, считая на сухой остаток	
			Мрамор	Плавленый шпат	Полевой шпат	Графит серебристый	Ферромарганец	Ферросилиций	Феррохром	Ферротитан		Другие материалы
ЦН-250	Из стали марки 08-15 (ГОСТ 2246-54)	50—55	44	21	12	—	14	9	—	—	—	15—18
ЦН-350		50—55	40	21	12	—	18	9	—	—	—	15—18
ОМГ	То же	55—57	—	16	—	—	—	—	60	—	Мела 22	15
Т-540			—	—	—	—	—	40	—	—	10	11
Т-590	"	165	—	—	—	5	—	—	90	—	Карбида бора 5	11
Т-620	"	165	—	—	—	5	—	—	75	18	Карбида бора 5	11
ЦС-1	Сормайт марки 1 Из стали марки 08 (ГОСТ 2246-54)	22—28	40	30	—	4	6	—	10	—	Алюминия 10	15—18
МВТУ-1		165	—	—	—	—	39*	—	—	—	Гематита (железной руды) 11	10
МВТУ-2	То же	158	—	—	—	—	73*	—	—	—	Гематита 27	10

* Ферромарганец доменный по ГОСТ 5165-49.

* Ферромарганец доменный по ГОСТ 5165-49.

г) заданный состав металла шва может быть получен применением в качестве электрода проволоки, свитой в виде троса из проволок малого диаметра и различного состава.

Легирование через флюс осуществляют следующими способами:

а) восстановлением примесей из флюса в результате взаимодействия его с расплавленным металлом в процессе сварки;

б) засыпкой смеси ферросплавов или порошка металла в разделку шва или на место наплавки (под флюс); видоизменением этого способа является нанесение пасты из ферросплавов и связующих веществ на поверхность изделия с последующей сушкой и прокаткой;

в) применением порошка ферросплавов к флюсу;

г) применением керамического флюса, который готовится в виде крупки из смеси порошкообразных ферросплавов и шлакообразующих компонентов на жидком стекле;

д) применением трубчатой электродной проволоки с находящимся внутри порошком легирующих компонентов.

Наплавку металла твердостью H_B $250 \div 300$ можно производить, используя стандартную конструкционную проволоку из стали 35 или сварочную проволоку марок 30ХМА, 20ХМА, 15ХМ или 20ХГСА под флюсом типа АН-20. При малом проваре и достаточном числе слоев состав наплавленного металла будет близок к составу проволоки.

Для получения более легированного слоя наплавленного металла, а также в целях удешевления и облегчения условий производства наплавочных работ, когда нет проволоки специальных легированных марок, применяя автоматическую наплавку под керамическим флюсом или наплавку порошковой электродной проволокой под плавным флюсом.

Наплавка под керамическим флюсом. Керамические флюсы готовят механическим смешиванием порошкообразных твердых материалов, природных минералов, искусственных силикатов, ферросплавов и т. п. Смесь порошкообразных частей смачивают водным раствором жидкого стекла. Из полученной массы изготавливают крупку требующейся грануляции, которая и является флюсом для сварки или наплавки.

Керамические флюсы пригодны как для автоматической, так и для шланговой полуавтоматической сварки. В нормальной сварочной аппаратуре не требуется про-

изводить никаких переделок или изменений.

Режимы сварки применяются обычные, примерно те же, что и для плавных флюсов, за исключением напряжения дуги — оно всегда ниже для керамических флюсов. Это объясняется повышенной устойчивостью дуги под керамическими флюсами по сравнению с обычными плавными флюсами ОСЦ-45 и АН-348. Высокая устойчивость дуги позволяет работать на малых токах в необходимых случаях и варить стали толщиной 2—3 мм шланговыми полуавтоматами на переменном токе.

Наплавка под керамическими флюсами производится стандартной малоуглеродистой электродной проволокой Св. 08 или Св. 15 по ГОСТ 2246-54. При сварке шланговыми полуавтоматами употребляется проволока диаметром 1,6—2,0 мм. При сварке на автоматах применяется проволока диаметром 3—4—5 мм.

Автоматическая наплавка порошковой электродной проволокой является новым способом изготовления и ремонта изделий. Этот способ находит все более и более широкое применение. В настоящее время накоплен производственный опыт по изготовлению прокатных валков, шарошек для буровых долот, рабочих колес центробежных насосов, брони багерных насосов, билдержателей шахтных мельниц, штампов и некоторых других тяжело нагруженных деталей машин.

Порошковая проволока предназначена для автоматической наплавки под флюсом слоя высоколегированной стали на рабочую поверхность быстрознающихся деталей как при изготовлении новых деталей, так и при восстановлении изношенных.

При изготовлении новых деталей посредством наплавки в качестве основного металла могут использоваться углеродистые стали марок Ст. 4, Ст. 6 или Ст. 7, конструкционные стали марок 30 и 50, а также низколегированные конструкционные стали марок 18ХГТ, 12ХН2, 12ХН3, 40ХН, 50ХН, 60ХГ и других в зависимости от условий работы изделий.

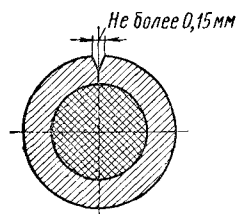
При помощи порошковой проволоки можно получить наплавленный слой любого заданного химического состава с содержанием до 30% легирующих примесей.

Порошковая проволока для автосварки изготавливается путем волочения из ленты в трубку с одновременной засыпкой порошка (фиг. 30).

Институтом электросварки имени Патона АН УССР разработана конструкция специального станка для сворачивания ленты и волочения проволоки (ЭЛ-74).

При необходимости иметь порошковую проволоку других марок, которой нет в продаже, возможно организовать собственное ее изготовление, используя волочильный станок (ЭЛ-74) и дробильно-сепарационное оборудование электроплавильного цеха.

Для изготовления оболочки порошковой проволоки используется лента стальная низкоуглеродистая холодной прокатки II и III классов по качеству поверхности, толщиной 0,5; 0,6; 0,8 мм и шириной 14 или 15 мм по ГОСТ 503-41. Материал ленты — сталь 08 или 10 по ГОСТ



Фиг. 30. Поперечное сечение порошковой проволоки: 1 — оболочка; 2 — сердечник.

классов по качеству поверхности, толщиной 0,5; 0,6; 0,8 мм и шириной 14 или 15 мм по ГОСТ 503-41. Материал ленты — сталь 08 или 10 по ГОСТ

Волочение порошковой проволоки производят через волокнистые фильеры (фильтры).

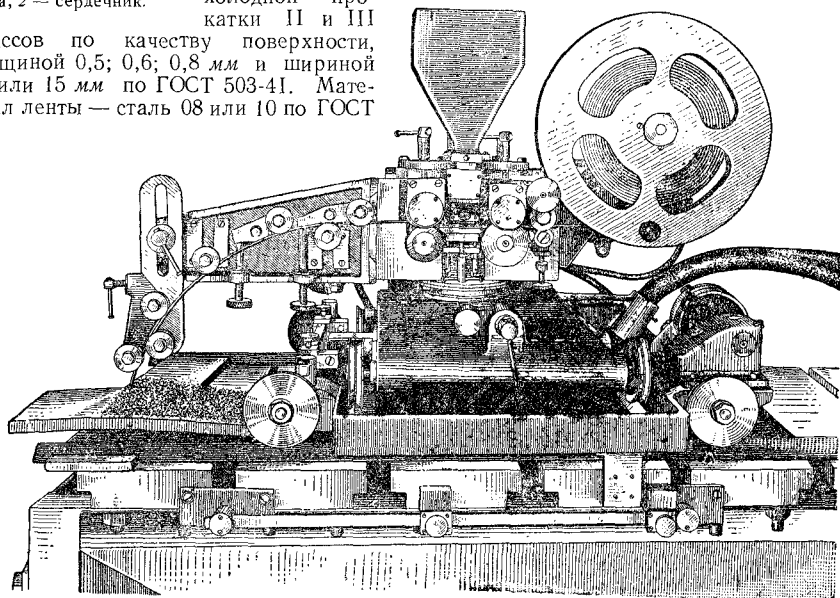
Кромки ленты должны быть сжаты плотно, зазор между ними по наружной поверхности не должен превышать 0,15 мм, а у сердечника должен отсутствовать.

Сварка порошковой проволокой может производиться на нормальных сварочных автоматах.

Оргрес МЭС СССР изготовил серию специальных наплавочных автоматов, эксплуатирующихся на предприятиях Министерства электростанций и др. Основной особенностью автомата конструкции Оргреса (фиг. 31) является то, что изготовление трубчатого электрода путем свертывания из мягкой стальной ленты и заполнения ее порошковой смесью, а также операции наплавки осуществляются одной машиной.

В 1952 г. заводом «Электрик» МЭП были изготовлены опытные образцы наплавочных автоматов типа АДНТ-600.

Эти автоматы удобны тем, что они не только выполняют все необходимые для наплавки рабо-



Фиг. 31. Общий вид автомата конструкции Оргреса для наплавки легированных сплавов трубчатой (порошковой) проволокой.

1050-52. Для сердечника применяются стандартные ферросплавы и при необходимости порошки металлов (никеля, молибдена, железа), измельченные и просеянные через сито 80 меш (900 отв/см²).

При перемещении, но одновременно и изготавливают трубчатую электродную проволоку, делая независимым производством от поставщиков порошковой проволоки. Эти автоматы дают возможность свободного варьирования составов наплавляемых сплавов в зависимости от назначения деталей, режимов наплавки и прочих конкретных условий производства.

Технические данные наплавочного автомата Оргрэс

Сечение ленты при сворачивании трубчатой электродной проволоки наружным диаметром 5 мм в мм	14×0,5
Сила тока в а	400—700
Скорость наплавки одинарных валиков в м/час	15—50
Производительность по весу наплавленного металла в кг/час	до 18
Отношение веса шихты к общему весу трубчатой проволоки в зависимости от состава наполнения в %	40—50
Вес ленты в кассете в кг	9
Емкость основного бункера для шихты в л	2,5
Номинальное напряжение в в:	
пульты управления	220
сварочного трансформатора	220 или 380
Вес в кг:	
автомата	Около 70
пульты управления	90

Наплавка бронзы на бронзовую и стальную основу. Одним из наиболее рациональных методов восстановления бронзовых деталей и исправления брака бронзового литья является метод электродуговой сварки и наплавки бронзовыми электродами на стальную и бронзовую основу. Наплавка угольной дугой не получила достаточного распространения ввиду того, что наплавка с присадкой прутковой бронзы требует высокой квалификации сварщика и малопроизводительна, а при наплавке угольной дугой с присадкой бронзовой стружки имеет место большой угар стружки и не обеспечивается однородность применяемого присадочного материала и, следовательно, однородность наплавленного металла. Поэтому данный способ не может быть рекомендован при выполнении ответственных работ.

Наплавка бронзовых деталей газовой сваркой доступна только сварщикам высокой квалификации и требует больших затрат рабочего времени.

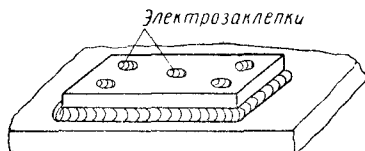
Электродуговая наплавка бронзы нашла широкое применение при исправлении брака бронзового литья, брака при механической обработке бронзовых деталей, восстановлении изношенных бронзовых деталей металлургического, станочного и прессового оборудования при потере рабочих размеров, наличии трещин, задигов, вмятин и других дефектов.

В зависимости от конфигурации детали, величины и характера износа, величины поверхности обработки и т. д. применяются следующие способы восстановления брон-

зовых и изготовления биметаллических деталей:

1. Непосредственная наплавка бронзовыми электродами на бронзовую или стальную основу.

2. Приварка бронзовых пластин литых или катаных на стальную или бронзовую основу (фиг. 32), с постановкой в



Фиг. 32. Приварка бронзовой пластины к бронзовой или стальной основе с постановкой электрозаклепок.

случае надобности электрозаклепок, для которых в пластине предварительно высверливаются отверстия.

Преимуществом после него способа является большая производительность, высокая гарантия качества приваренных бронзовых пластин и небольшой нагрев детали.

3. Восстановление бронзовых втулок при потере размера по внутреннему диаметру производиться методом электродуговой сварки (фиг. 33).

Процесс содержит следующие основные операции:

а) вырезку дисковой фрезой сектора по длине втулки;

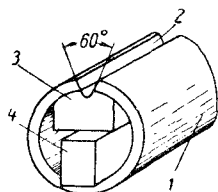
б) прострожку фасок под сварку под углом 60—70°;

в) обжим втулки в тисках с целью уменьшения овальности;

г) сварку шва по всей длине разделки; сварка втулки выполняется на графитовой подкладке с продольными желобками, подкладка крепится вдоль шва по внутренней поверхности втулки с помощью клина и прокладок;

д) обточку втулки сверху и расточку до получения внутренней цилиндрической поверхности номинального диаметра.

Ширина вырезаемого из втулки сектора определяется с учетом получения после сварки припуска по внутреннему диаметру, достаточного для образования цилиндрической поверхности номиналь-



Фиг. 33. Подготовка бронзовой втулки под сварку: 1 — втулка; 2 — разделка под сварку; 3 — графитовая или угольная подкладка; 4 — клин.

ного диаметра втулки. При значительной толщине стенок втулки рекомендуется ввиду малой пластичности бронзы заменить первую операцию (вырезку сектора) разрезкой втулки вдоль образующей на две половины с последующей строжкой плоскостей реза и обжимом каждой из половинок. Потеря размера по внешней посадочной поверхности может быть компенсирована установкой стальной гильзы в посадочное гнездо, металлизацией наружной поверхности или ее наплавкой.

Преимуществами указанного метода восстановления втулок являются возможность сохранить на рабочей поверхности втулки качественную бронзу заводского изготовления и высокая производительность процесса восстановления.

Электродуговая наплавка бронзы и латуни. Для наплавки бронзой на бронзовую и стальную основу применяются чаще всего литые бронзовые стержни марок Бр. АЖ 9-4 и Бр. ОЦС 6-6-3. Эти бронзы по химическому составу соответствуют маркам бронз, имеющим широкое промышленное применение.

Наплавка электродами из бронзы Бр. ОЦС 6-6-3 производится без покрытия с применением флюса.

Из стержней бронзы Бр. АЖ 9-4 изготавливают электроды ЦБ-1. Методом окунания наносится покрытие следующего состава (в весовых процентах): криолита 16; графита черного 9; хлористого калия 21; мрамора 38; гранита 16; жидкого стекла содового с модулем 1,5—1,9 в количестве 35% к весу сухой смеси.

Толщина покрытия зависит от диаметра стержня; для стержня диаметром 6 мм толщина покрытия на сторону должна составлять 1,0—1,2 мм. Прокалка электродов после воздушной сушки (подвяливания) в течение 20 час. производится при температуре 500°С в течение 1—1,5 часа. Покрытие рекомендуется наносить в два слоя, при этом первый слой наносится толщиной 0,3—0,5 мм на сторону, второй слой наносится через 2,5—3 часа после нанесения первого слоя.

Наплавка латуни на сталь удовлетворительно осуществляется электродами ЛК 80-3Л.

Технология наплавки бронзовыми электродами. Наплавляемая поверхность зачищается от песка, земли, грязи, масла и окалины. Зачистка может быть произведена:

- а) механической обработкой;
- б) химической обработкой, например травлением 20%-ным раствором азотной кис-

лоты или обезжириванием в растворе кальцинированной соды с последующей тщательной промывкой и просушкой детали; в) детали, работающие в масляной среде (вкладыши, направляющие, шестерни и т. п.), очищают от масла путем нагрева детали в печи-горне или газовой горелкой, после чего необходимо тщательно удалить продукты горения.

Дефектные места деталей, подлежащие заварке, вырубаются полностью до чистого металла.

Наплавка чаще всего производится с подогревом наплавляемой детали.

При наплавке небольших деталей подогрев производят любым способом, нагревая всю деталь. Для деталей больших размеров в основном применяют местный подогрев, разогревая только место под наплавку. Наплавка больших объемов возможна только в нижнем положении. Крупные заварки требуют формовки. Для формовки изготавливается опока из кровельного железа, которая применяется по месту. Опока заполняется и утрамбовывается кварцевым песком, замешанным на разведенном водой в пропорции 2:1 жидком стекле. Толщина стенок при этом должна быть не менее 50—60 мм, а высота больше кромок свариваемого изделия на 15—20 мм. Температура подогрева под заварку должна составлять около 500°С.

Наплавку можно производить и без подогрева. Необходимо, однако, иметь в виду, что качество наплавленного металла в этом случае значительно хуже, чем при наплавке с подогревом.

Наплавочные работы выполняются на машинах **постоянного** тока при обратной полярности.

Режим сварки при наплавке устанавливают, принимая силу тока из расчета 35—40 а на 1 мм диаметра стержня электрода.

Наплавку можно производить в один или несколько слоев.

При наплавке на бронзовую основу наплавку следует проводить в один слой. Для получения возможно более чистого металла шва рекомендуется при наплавке устанавливать деталь под некоторым углом (10—15°). Высота слоя наплавки при этом может быть доведена до 5—6 мм, тогда как при горизонтальном положении детали она составляет обычно 3—4 мм.

При наплавке бронзой на стальную основу, учитывая имеющее место перемешивание расплавленных частиц стали с бронзой, наплавку следует производить

в два слоя или более. Для первого слоя рекомендуется применять электроды диаметром 4—5 мм, вести сварку на минимальном режиме сварочного тока для обеспечения на рабочей поверхности детали слоя бронзы, соответствующей по составу электроду.

Процесс наплавки должен проводиться без значительных перерывов в работе, при этом необходимо поддерживать температуру детали на уровне температуры подогрева. По окончании процесса наплавки охлаждение деталей должно быть замедленным (в сухом песке или под асбестом).

При выполнении сварочных работ бронзовыми электродами выделяется значительное количество вредных газов, поэтому должны быть приняты дополнительные меры по усилению вентиляции на рабочем месте сварщика.

Электровибрационная наплавка. Основные сведения. Электровибрационная наплавка представляет особый вид автоматической наплавки, производимой вибрирующим электродом в струе охлаждающей жидкости (электролите).

Основным преимуществом этого способа * наплавки является низкая температура нагрева наплавляемой детали, не превышающая 90° С, и как следствие этого — малые деформации при наплавке.

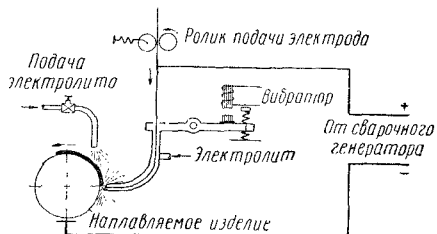
При помощи электровибрационной наплавки возможно производить наращивание слоя металла толщиной 0,1—3 мм и более. Таким образом, данный способ обеспечивает возможность получения наращенного слоя большей толщины, чем при электроискровом наращивании **.

Физическая сущность процесса электровибрационной наплавки полностью еще не раскрыта. Вначале предполагалось, что наплавка происходит в результате контактной сварки основного металла и электрода в момент их замыкания при вибрации электрода *** (отсюда первоначальное название — «виброконтактная наплавка»). Позже на основании практических наблюдений и исследований возникло предположение, что наплавка проис-

ходит в данном случае, как и при дуговой сварке, в результате расплавления электрода и поверхностного слоя основного металла возникающей между ними электрической дугой (это послужило причиной появления еще одного названия — «вибродуговая наплавка»). Существует также мнение, что электровибрационная наплавка представляет разновидность электроискровой обработки (отсюда название «электроимпульсная наплавка»).

В результате исследований, проводившихся в последнее время в Челябинском политехническом институте и Челябинском институте механизации и электрификации сельского хозяйства, выдвинуто предположение, что электровибрационная наплавка есть сложный комбинированный процесс контактной сварки и импульсной электродуговой наплавки, при котором материал электрода переносится путем приваривания и отрыва частиц в момент режима короткого замыкания и в виде капель расплавленного металла, как при обычной электродуговой сварке, в момент разрыва цепи и превращения энергии исчезающего магнитного поля в мощный разряд. Возникающий при этом микродуговой разряд одновременно производит оплавление и сплавление предварительно оторвавшихся частиц с формирующимся слоем, а также производит частичный перенос материала электрода и в виде капель. Преобладание одного вида переноса металла над другим зависит от выбранного напряжения, рода тока, параметров цепи и ряда других факторов.

Устройство и работа установок для электровибрационной наплавки. Практически электровибрационная наплавка осуществляется следующим образом.



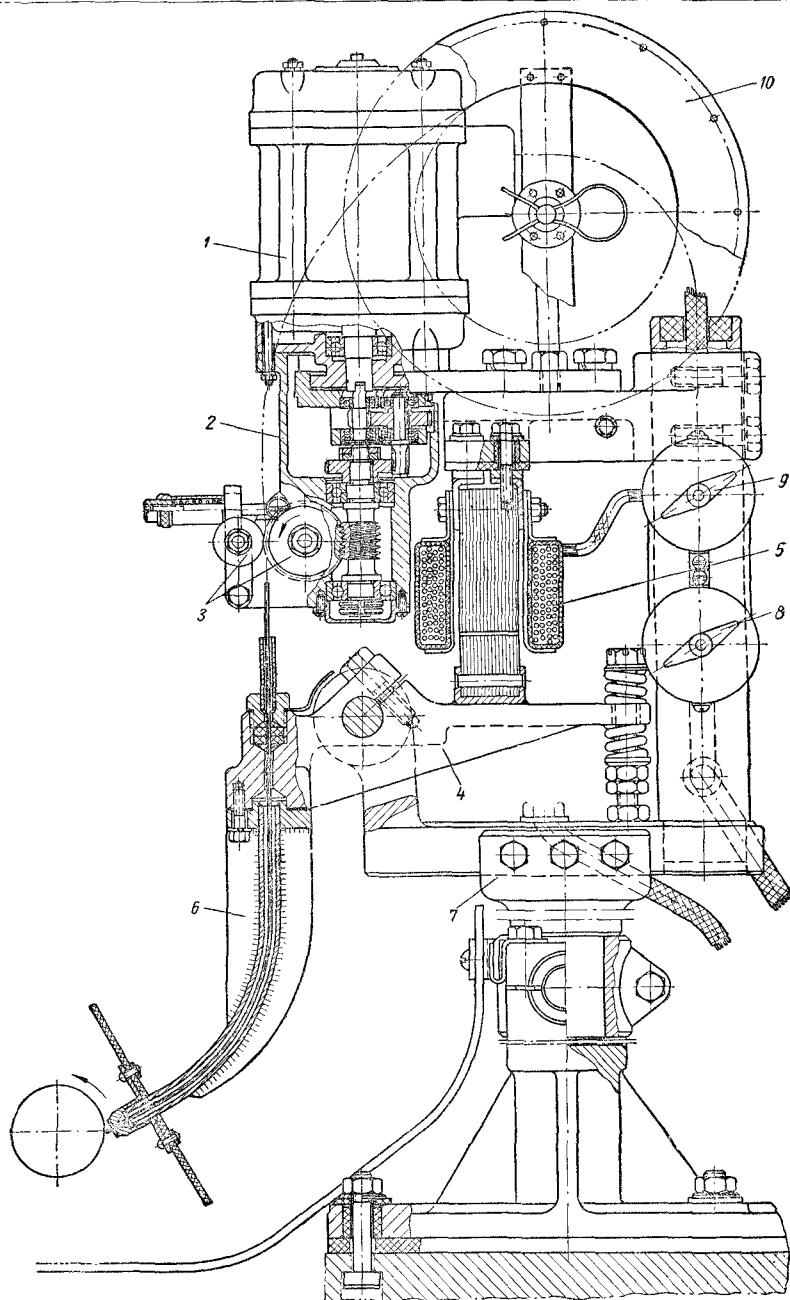
Фиг. 34. Схема процесса электровибрационной наплавки.

К наплавляемому изделию, установленному в центрах или патроне токарного станка и получающему от него равномерное вращение, с помощью специальной

* Предложено в 1950 г. инж. Г. П. Клековкиным под названием «виброконтактная наплавка». В процессе промышленного внедрения подвергся значительным видоизменениям и усовершенствованию.

** См. раздел «Электроискровая обработка деталей машин», стр. 93.

*** Это нашло свое отражение и в конструкциях первых аппаратов для электровибрационной наплавки, предусматривавших вращение электрода (проволочки) вокруг своей оси, чем предполагалось облегчить отрыв электрода от изделия в процессе наплавки.



Фиг. 35. Головка для электровибрационной наплавки конструкции ОГМ ЧТЗ: 1—3 механизм подачи; 4 и 5—механизм вибрации; 6—направляющая трубка; 7—основание со стойкой; 8 и 9—выключатели двигателя и вибратора; 10—катушка с электродной проволокой.

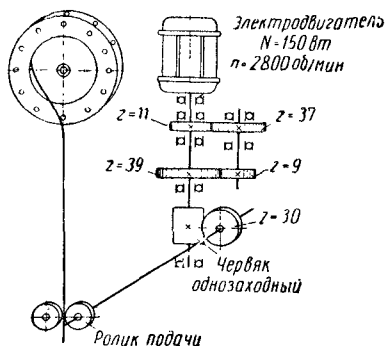
головки непрерывно подается вибрирующий электрод (проволока).

Головка установлена на суппорте станка и получает продольную или поперечную (при наплавке на торцевую поверхность) подачу. К изделию и электроду подводится электрический ток (фиг. 34). Наплавка происходит в струе охлаждающей жидкости.

Головка обеспечивает подачу и вибрацию электродной проволоки. От суппорта станка, на котором она установлена, головка изолируется прокладками из текстолита или другого изоляционного материала.

На фиг. 35 приведена одна из конструкций головок для электровибрационной наплавки Челябинского тракторного завода.

Узел подачи проволоки этой головки состоит из электродвигателя переменного тока напряжением 36 в, мощностью 150 вт и с числом оборотов 2800 в минуту и редуктора (фиг. 36). При отсутствии такого



Фиг. 36. Схема узла подачи.

электродвигателя используется электропривод электронасоса для охлаждающей жидкости ЭМОС типа АП-45. Статор этого двигателя подвергается перемотке на напряжение 36 в в соответствии с приведенными ниже обмоточными данными.

Обмоточные данные для перемотки электродвигателя электронасоса типа АП-45 на напряжение 36 в

Число пазов	12
секций	6
Тип обмотки	Шведская
Число групп	6 по 1 секции
Марка провода	ПЭБО
Диаметр провода в мм . . .	0,77
Укладка обмотки через . . .	5 пазов (1-6)
Число витков	30
Вылет обмотки в мм	35

Вал ротора электродвигателя насоса укорачивается, и на его конце устанавливается ведущая шестерня привода. Редуктор состоит из двух пар цилиндрических шестерен и одной червячной пары. Общее передаточное число редуктора $i=1:437$.

Изменение величины подачи проволоки осуществляется набором сменных роликов.

Диаметр роликов в мм	40	45	50	60	65	70
Подача в мм/сек	12,5	14,1	15,7	18,8	20,4	22

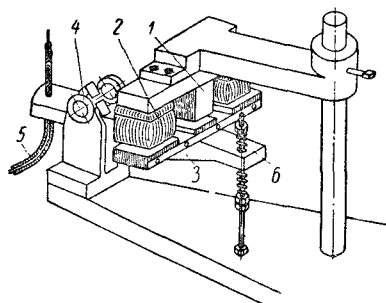
Вибратор состоит из магнитопровода с одной или двумя параллельно соединенными катушками напряжением 36 в. Усилие магнита должно быть 4—5 кг.

Обмоточные данные катушек вибратора при использовании магнитопровода КТМ-101 приведены ниже.

Обмоточные данные катушек вибратора при использовании магнитопровода КТМ-101

Напряжение в в	36
Схема соединения	Параллельная
Марка провода	ПЭБО
Диаметр провода в мм . . .	1,56
Число витков	170
Сопротивление в ом	0,334
Число катушек	2

Подвижная часть магнитопровода закреплена на рычаге, передающем вибрацию проволоке через направляющую трубку (фиг. 37). Величина вибрации



Фиг. 37. Схема узла вибрации: 1 — магнитопровод; 2 — катушки; 3 — рычаг; 4 — ось качания рычага; 5 — направляющая трубка; 6 — регулировочные пружины.

регулируется изменением натяжения пружин, а также величины зазора между подвижной и неподвижной частями сердечника.

Число оборотов наплавляемого изделия при наплавке электровибрационным способом должно находиться в пределах от 0,5 до 20 * в минуту. Для этого при использовании для электровибрационной установки обычных токарных станков их привод осуществляется через редуктор с передаточным числом $i = 1:30$.

Вместо редуктора может применяться специальный патрон с устройством для замедления вращения наплавляемого изделия.

Электрическое питание установок электровибрационной наплавки может осуществляться:

- 1) постоянным током напряжением 10—25 в;
- 2) выпрямленным током напряжением 10—30 в;
- 3) комбинированным током (постоянный ток напряжением 6—12 в и переменный ток напряжением 5—25 в),
- 4) переменным током напряжением 14—20 в.

При питании постоянным током можно применять обычные сварочные генераторы типа ПС-300, СУГ-2Б, СУГ-2М и др. Могут также использоваться генераторы типа НД-750/1500 А напряжением 6—12 в.

Выпрямленный ток для питания электровибрационных установок может получаться от механического и купроксного выпрямителей.

При питании установок комбинированным током на постоянный ток, получаемый от генератора типа НД-750/1500А, накладывается переменный ток.

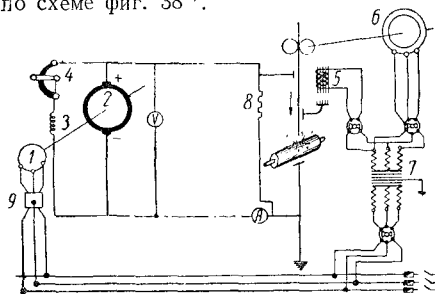
Для питания переменным током используются обычные сварочные трансформаторы типа СТЭ-34, СТЭ-22. Для получения нужных величин напряжения от первичной и вторичной обмоток трансформатора делаются отводы. Последовательно трансформатору в цепь включается дроссель (у дросселя включается только часть витков за счет изготовления секционированных отводов от 4, 5, 6 и 7-го витков).

Питание вибратора и мотора механизма подачи электрода (проволоки) производится от отдельного трансформатора 380/36 в типа И-100.

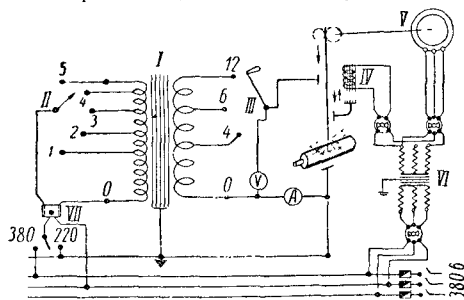
К головке напряжение подводится проводом ПРГ сечением 95—120 мм², наконечник которого крепится болтом к рычагу вибратора. Второй провод подведен к передней бабке станка.

Наиболее распространенные в практике электрические схемы питания электровибрационных установок приведены на фиг. 38—40.

Наилучшие результаты наплавки получаются при работе на постоянном токе по схеме фиг. 38 *.



Фиг. 38. Схема питания установки постоянным током: 1 и 2 — сварочный генератор типа СУГ-2Б или ПС-300; 3 — обмотка возбуждения генератора; 4 — реостат; 5 — вибратор; 6 — электродвигатель узла подачи мощностью 150 вт с рабочим напряжением 36 в и 2800 об/мин; 7 — понижающий трансформатор типа И-100; 8 — нагрузочное сопротивление; 9 — магнитный пускатель.



Фиг. 39. Схема питания установки переменным током: I — сварочный трансформатор типа СТЭ-24 или СТЭ-34; II — переключатель напряжения на первичной обмотке; III — переключатель напряжения на вторичной обмотке; IV — вибратор; V — электродвигатель узла подачи мощностью 150 вт с рабочим напряжением 36 в, 2800 об/мин; VI — понижающий трансформатор типа И-100; VII — магнитный пускатель.

Технология наплавки. Электровибрационной наплавкой могут наплавляться детали, изготовленные из стали разных марок, термически обработанные и термически не обработанные. При наплавке чугуновых деталей надежное сцепление наплавленного слоя с основным получается при небольшом содержании свободного углерода в виде графита.

* В последнее время рядом организаций, работающих в области электровибрационной наплавки, разработаны схемы питания и конструкции наплавочных головок, отличные от приведенных. К числу их относятся получившие распространение головка НИИАТ типа УАНЖ-5 и головка конструкции ниж. Балабанова типа ЦЭЗ-1 Ред.

В качестве электродов в существующих головках применяется проволока диаметром 1,5—2 мм.

В зависимости от твердости, которую хотят получить от наплавленного слоя, применяется стальная проволока с разным содержанием углерода. Наиболее употребительными марками проволоки для электровибрационной наплавки являются Св. 8, Св. 10, 45, 65Г, П-1, У8, бандажная сталь 70 и др.

При применении проволоки с высоким содержанием углерода твердость напла-

детали выключается и наплавка производится лишь при подаче суппорта).

Основным назначением электролита в процессе электровибрационной наплавки является охлаждение наплавляемой детали. Кроме того, электролит препятствует проникновению в зону разряда кислорода и азота из окружающего воздуха.

Стабильность процесса наплавки лучше всего обеспечивается при применении электролита щелочного состава (2,5%-ного раствора кальцинированной соды в воде).

Электролит подается в зону дуги в количестве 5—6 л/мин.

Электролит следует подавать непосредственно на деталь сверху и одновременно с этим применять дополнительное его поступление (при малом расходе) через сопло подачи проволоки.

Режимы наплавки. При диаметре проволоки 2 мм: напряжение 21 в; величина вибрации на конце электрода 1,5—2 мм; подача проволоки 16 мм/сек; подача суппорта 1,1—1,2 диаметра проволоки на 1 оборот шпинделя. Число оборотов шпинделя зависит от диаметра наплавляемой детали и необходимой толщины слоя и высчитывается по формуле

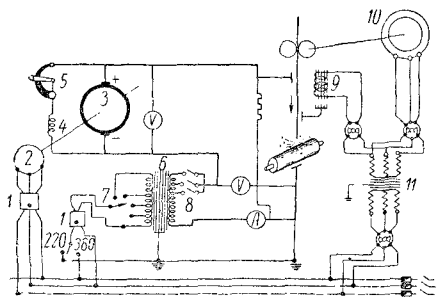
$$n = \frac{22s_{np}}{bD},$$

где n — число оборотов шпинделя в минуту; s_{np} — подача проволоки в мм/мин; b — толщина слоя; D — диаметр наплавляемой детали.

Практика показала, что при указанных режимах наиболее качественная наплавка получается при наложении слоя толщиной от 2 до 3 мм* (числа оборотов шпинделя для этой толщины см. в табл. 57).

Настройка установки. Подготовленную к наплавке деталь устанавливают в патрон токарного станка и при необходимости дополнительно поддерживают центром задней бабки. Установка и зажим одного конца детали в патрон необходима для обеспечения надежного электроконтакта. Детали сообщается вращение в сторону от рабочего. При подаче суппорта от передней бабки к задней головка устанавливается так, чтобы со стороны передней бабки угол между проволокой и осью изделия в горизонтальной плоскости составлял 120—130°; наконецник устанавливается на расстоянии 8—10 мм от детали ниже оси ее центров. Для защиты

* По данным НИИАТ, на установке типа УАНЖ-5 удовлетворительные результаты могут быть получены и при значительно меньшей толщине наплавляемого слоя (0,3—0,5 мм). *Ред.*



Фиг. 40. Схема питания установки комбинированным (постоянным и переменным) током: 1 — магнитный пускатель; 2 и 3 — мотор-генератор типа НД 6—12 в, 500/1000 а; 4 — обмотка возбуждения; 5 — шунтовый реостат-генератор; 6 — сварочный трансформатор типа СТЭ-24 или СТЭ-34; 7 и 8 — секционные переключатели обмоток трансформатора; 9 — вибратор; 10 — электродвигатель узла подачи мощностью 150 вт, напряжением 33 в, 2800 об/мин; 11 — понижающий трансформатор типа И-100.

вленного слоя достигает $R_C = 46 \div 48$. При наплавке рояльной проволокой диаметром 1,5 мм 0,55% С возможно получение твердости до $R_C = 49 \div 51$.

Перед наплавкой поверхность детали очищается от масла, грязи и коррозии. Отверстия на наплавляемой поверхности, шпоночные пазы, канавки и пр., не подлежащие наплавке, заделываются графитовым или угольными вставками; центровые отверстия валов исправляются.

При наплавке последующих слоев предыдущие слои очищаются от брызг стальной щеткой. Лучшие результаты при многослойной наплавке получаются, если предыдущий слой грубо протшлифовать.

Электровибрационной наплавкой могут наплавляться наружные и внутренние поверхности тел вращения типа валов, шпинделей, муфт, отверстий шестерен, колец, торцевые поверхности, а также боковые поверхности изношенных шлицев на валах (в этом случае вращение

57. Числа оборотов шпинделя в минуту в зависимости от диаметра деталей и толщины наплавляемого слоя

Диаметр детали D в мм	Толщина наплавляемого слоя b в мм			Диаметр детали D в мм	Толщина наплавляемого слоя b в мм		
	2	2,5	3		2	2,5	3
30	5,86	4,7	3,9	160	1,11	0,88	0,74
40	4,41	3,52	2,93	170	1,04	0,83	0,69
50	3,52	2,81	2,35	180	0,98	0,78	0,65
60	2,94	2,35	1,96	190	0,93	0,74	0,62
70	2,51	2,03	1,68	200	0,88	0,70	0,59
80	2,21	1,76	1,46	205	0,86	0,69	0,57
90	1,96	1,56	1,31	210	0,84	0,67	0,56
100	1,76	1,41	1,17	215	0,82	0,66	0,55
110	1,60	1,28	1,06	220	0,80	0,64	0,53
120	1,47	1,17	0,97	225	0,78	0,62	0,52
130	1,36	1,08	0,9	230	0,76	0,61	0,51
140	1,26	1,01	0,84	240	0,73	0,59	0,49
150	1,17	0,94	0,78	250	0,71	0,56	0,47

сварщика от света дуги на кончик надевается резиновый щиток.

Обработка наплавленного слоя. При чавке проволокой с малым содержанием углерода (до 0,4%) наплавленную поверхность обрабатывают резцами или шлифованием.

При наплавке высокоуглеродистой проволокой твердость наплавленного слоя достигает $R_C = 48$, и обработка возможна только шлифованием.

Высота гребешков на поверхности наплавленного слоя находится в пределах 0,3—0,5 мм.

Контроль качества. При неправильно выбранном режиме наплавки возможно появление мелких раковин и местное несплавление. Иногда могут быть мелкие трещины, причины появления которых пока не изучены.

В производственных условиях приемка производится путем внешнего осмотра равномерности слоя и определения качества поверхности после наплавки и шлифования, проверки заданных размеров, твердости и отсутствия трещин. Отсутствие трещин проверяется на магнитофлосе.

Техника безопасности при работе на установке для электровибрационной наплавки. При работе на установке для электровибрационной наплавки необходимо соблюдать следующие правила:

1) пользоваться защитными очками от влияния света дуги;

2) не прикасаться одновременно руками к головке и станку или другим заземленным предметам.

3) так как к головке подведен один полюс, а к станку второй, нельзя допускать замыкания на суппорт изолированной от него головки (не класть металлические предметы на суппорт и головку);

4) регулировку подачи и вибрации производить только при выключенном сварочном токе;

5) выполнять правила техники безопасности, связанные с работой на станке.

ГАЛЬВАНИЧЕСКИЕ ПОКРЫТИЯ И ХИМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ

Сущность методов и их технологические особенности

Гальванические покрытия осуществляются нанесением металлов на поверхность деталей, путем кристаллизации металлов из водных растворов соответствующих солей (электролитов) при прохождении через них постоянного тока. Электрическая цепь через электролит замыкается между двумя проводниками, называемыми электродами. Электрод, к которому подключается плюс внешней цепи, называется анодом, электрод, к которому подключают минус, называется катодом.

Катодами при осаждении металлов гальваническим способом служат детали, которые необходимо наращивать, а анодами — пластины цинка, кадмия, меди, свинца и других металлов.

Для электролиза применяются растворимые и нерастворимые аноды. В практике гальванических покрытий в основном применяют растворимые аноды, выполненные из металлов, родственных тем, которые осаждаются из электролита на катоде. Лишь при хромировании применяются нерастворимые (свинцовые) аноды.

Величина тока, приходящаяся на единицу поверхности электрода, называется плотностью тока. Плотность тока на катоде обозначается D_k и на аноде D_a . Обычно плотность тока выражают в a/dm^2 .

Кристаллизация металлов при электролизе происходит только при определенных условиях. Поэтому необходимо строго поддерживать те условия, которые указываются для каждого из процессов. Кроме того, качество получающегося осадка металла зависит от того, насколько тщательно подготовлена поверхность детали перед покрытием (механическая обработка, обезжиривание, протравливание).

Сущность *химической обработки* металлов состоит в образовании окисных и других соединений на поверхности металлов под воздействием специальных химических растворов.

Химическое взаимодействие специальных растворов с металлами может происходить как на поверхности металлов (до 1—2 мк), так и на большую глубину (0,1—0,2 мм и более). Качество образующихся пленок или съем металла зависят от химического состава раствора, температурного режима при обработке, времени выдержки деталей в растворе и качества подготовки поверхностей перед обработкой. Поэтому состав растворов для химической обработки необходимо периодически контролировать, строго выдерживать температурный режим и время выдержки деталей в ванне. Качество подготовки обрабатываемых поверхностей должно соответствовать требованиям технических условий.

Технологические процессы при гальванических покрытиях и химической обработке в общих своих чертах родственны и состоят из трех этапов: подготовки поверхностей детали перед покрытием или химической обработкой, гальванического покрытия металлами или химической обработки деталей и последующей обработки деталей после покрытия или химической обработки.

Содержание каждого из этих этапов технологического процесса зависит от назначения покрытия (наращивание, декоративное покрытие, защитное покрытие и т. д.), вида покрытия или химической обработки (хромирование, никелирование, оксидирование и т. д.) и материала детали.

Например, подготовка поверхностей при хромировании деталей с целью наращивания отличается от подготовки поверхностей, которая проводится при хромировании с декоративной целью. В первом случае проводится механическая обработка на шлифовальных станках абразивными кругами с целью получения правильной геометрической формы и, следовательно, равномерного слоя хрома. Во втором случае основной задачей механической обработки является получение высокой степени чистоты поверхностей, покрываемых хромом. Обработка в этом случае производится на специальных шлифовально-полировальных станках мягкими (войлочными и бязевыми) кругами.

Подготовка поверхностей детали перед покрытием или химической обработкой

может включать в себя следующие операции:

а) пескоструйную очистку или очистку в галтовочных барабанах;

б) шлифование камнем или мягкими кругами, а также полирование пастами на бязевых кругах;

в) сборку на подвесные приспособления и изоляцию поверхностей, не покрываемых металлами или не подвергаемых химической обработке;

г) обезжиривание деталей в органических растворителях (бензин, ацетон и др.) с последующей протиркой известковой кашцей или в щелочных растворах химическим или электролитическим способами;

д) химическое или электрохимическое протравливание (декапирование) с целью удаления тончайших слоев окислов непосредственно перед погружением в ванну.

Операция гальванического покрытия включает в себя установку анодов на штангах ванны, завеску деталей в ванну, установление и поддержание заданного режима электролиза в течение расчетного времени.

Время электролиза T определяется по формуле

$$T = \frac{h\rho 1000}{cD_K \alpha} \text{ час},$$

где h — толщина слоя электролитического осадка в мм; ρ — плотность электролитического металла в г/см³; c — электрохимический эквивалент металла, осаждаемого из электролита определенного состава, в г/а-ч.; D_K — плотность тока на катоде в а/дм²; α — выход металла по току в %.

Операция химической обработки включает в себя завеску деталей в ванну и выдержку их в определенном растворе в течение заданного времени.

Последующая обработка деталей после гальванического покрытия металлами или химической обработки может быть химической, тепловой, механической и специальной.

Химическую обработку производят для нейтрализации кислот или щелочей, остающихся на деталях, или с целью повышения защитных свойств антикоррозионных покрытий.

Тепловую обработку применяют с целью удаления водорода из покрытий при хромировании и железнении.

Механическую обработку (шлифование и полирование) выполняют для придания деталям правильной геометрической фор-

мы, необходимых размеров, а также требуемой чистоты поверхности.

Специальная обработка проводится с целью окрашивания нанесенных покрытий, насыщения пор оксидных и фосфатных пленок нейтральными маслами и красками.

Области применения

Целесообразность применения гальванических покрытий и химической обработки деталей при ремонте машин определяется ценными свойствами, приобретаемыми подвергнутыми этим видам обработки поверхностями, а также технологическими преимуществами этих процессов. Основным технологическим преимуществом данных процессов является то, что они протекают при сравнительно низких температурах (до 145°C), в связи с чем не нарушается металлографическая структура обрабатываемых металлов. Это обстоятельство имеет важное значение при ремонте термически обработанных деталей.

Гальванические покрытия применяются в основном для наращивания изношенных поверхностей деталей (хромирование, железнение, меднение); защиты от коррозии (цинкование, кадмирование и др.), придания деталям красивого вида (хромирование, никелирование и др.); для специальных целей (лужение, меднение, свинцевание и др.).

Химическая обработка применяется чаще всего для защиты деталей от коррозии (оксидирование, фосфатирование); в качестве грунта под краски и лаки (фосфатирование); для окрашивания металлов; с целью улучшения обрабатываемости трущихся поверхностей.

Гальванические покрытия и химическую обработку практически возможно применять для любого металла. Однако для некоторых металлов приходится применять особую рецептуру растворов и технологию обработки (хромирование алюминия, оксидирование сплавов из цветных металлов и др.).

Хромирование

Хромирование является наиболее эффективным способом гальванического наращивания. Хромированием возможно не только восстанавливать размеры изношенных поверхностей деталей машин, но и в значительной степени улучшать их качество, в частности повышать износостойкость. Это обстоятельство обусловлено свойствами электролитического хрома:

его высокой твердостью, низким коэффициентом трения скольжения, высокой износостойкостью, коррозионной стойкостью и теплопроводностью, а также хорошим сцеплением с основным металлом.

Твердость электролитического хрома может изменяться в пределах от 400 до 1200 кг/мм^2 при испытании алмазной пирамидой. Она зависит в основном от условий электролиза. Если электролиз ведется при низких температурах электролита и высоких плотностях тока, то получают так называемые *матовые осадки* очень твердые и хрупкие. При высоких температурах и низких плотностях тока получают так называемые *молочные осадки*, обладающие сравнительно малой твердостью (от 400 до 700 кг/мм^2) и некоторой пластичностью. При средних температурах и низких плотностях тока получают так называемые *блестящие осадки*, обладающие средними значениями твердости ($700\text{—}1000\text{ кг/мм}^2$).

Твердость осадков электролитического хрома почти не меняется при нагревании до $300\text{—}350^{\circ}\text{C}$. При нагревании от 350 до 800°C происходит значительное уменьшение твердости.

Температура рекристаллизации хрома находится в пределах $850\text{—}1075^{\circ}\text{C}$ в зависимости от вида осадков.

Коэффициент трения скольжения по чугуну, стали, бронзе и баббиту при любых условиях истирания у хрома остается не менее чем на 50% ниже по сравнению с коэффициентом трения закаленной стали и чугуна. Величина коэффициента трения хрома зависит от условий электролиза. Кроме того, величина коэффициента трения для хрома сильно меняется в зависимости от условий истирания. Это обстоятельство обусловлено главным образом плохой смачиваемостью электролитического хрома.

Коррозионная стойкость электролитического хрома весьма высока. Это связано в основном с образованием тонкой, но очень прочной оксидной пленки. Пленка образуется на воздухе и в окислительных средах, повышая нормальный электродный потенциал хрома с $-0,56$ до $+0,2\text{ в}$, т. е. пассивируя его поверхность.

Хром не разрушается в азотной, уксусной и молочной кислотах, а также в щелочах, феноле и аммиаке. Углекислый газ, сероводород и сернистый газ не действуют на электролитический хром.

Разрушается хром в соляной кислоте и при нагревании в серной, фосфорной и щавелевой кислотах.

Температура плавления электролитического хрома очень высока и достигает 1830°C . В литературе указываются и другие значения температуры плавления электролитического хрома (в частности 1620 и 1550°C). По-видимому, температура плавления, так же как и другие физико-механические свойства электролитического хрома, зависит от условий электролиза. В среднем можно считать, что температура плавления хрома превышает температуру плавления чугуна на $25\text{--}30\%$ и стали на $15\text{--}20\%$.

Теплопроводность электролитического хрома выше теплопроводности стали и чугуна на 40% . Благодаря этому у хромированных деталей условия теплоотвода с поверхности вглубь металла значительно лучше, чем у нехромированных.

Важным свойством электролитического хрома является хорошее сцепление с основным металлом. Исследованиями и практикой установлено, что прочность сцепления осадков хрома больше прочности самих кристаллов. Поэтому при отрыве от основного металла происходит разрушение хромового покрытия, а не отслаивание.

Износ хромированных деталей по сравнению с нехромированными уменьшается в $2\text{--}50$ раз в зависимости от вида осадка хрома и условий эксплуатации деталей. Значительно снижается также износ сопряженных деталей, изготовленных из других металлов, при трении о хром.

Высокая износостойкость электролитического хрома тесно связана с его высокой твердостью, малым коэффициентом трения, хорошей коррозионной стойкостью, высокой температурой плавления и теплопроводностью. Износостойкость хрома, как и другие физико-механические качества электролитического хрома, обуславливаются особой структурой осадков, которая в свою очередь определяется условиями электролиза.

Наряду с указанными достоинствами хромирования как способа восстановления изношенных деталей процесс хромирования имеет и ряд недостатков, основными из которых являются малая скорость осаждения хрома и плохая рассеивающая и кроющая способности электролита.

Малая скорость осаждения хрома вызывается значительными потерями электрической энергии на побочные процессы, происходящие при электролизе (выделение водорода и др.).

Плохая рассеивающая и кроющая способность приводит к необходимости при-

менять специальные меры для того, чтобы обеспечить требуемое распределение осадков хрома на восстанавливаемых поверхностях. В качестве таких мер можно указать на следующие:

- 1) конструирование специальных подвижных устройств;
- 2) экранирование;
- 3) применение ванн различной концентрации;
- 4) подвешивание деталей в определенном положении.

Кроме того, при хромировании возникает ряд отрицательных явлений, которые при определенных условиях понижают эффективность применения этого способа. Такими отрицательными явлениями можно считать:

- а) понижение прочности электролитического хрома при увеличении толщины покрытия;
- б) уменьшение усталостной прочности деталей, покрываемых электролитическим хромом;
- в) плохую смачиваемость маслами хромированных поверхностей;
- г) плохую прирабатываемость гладкого хрома вследствие большой твердости хрома;
- д) ненадежную защиту основного металла от коррозии вследствие наличия сетки трещин.

Понижение прочности электролитического хрома, уменьшение усталостной прочности деталей и появление микроскопических трещин в осадке при хромировании связано с возникновением внутренних напряжений в осадке при электролизе. Поэтому толщину слоев хрома при наращивании изношенных деталей ограничивают в зависимости от условий работы деталей. Предельно допускаемой толщиной хромового покрытия считают $0,5\text{ мм}$.

Для повышения прочности хромовых покрытий и усталостной прочности хромированных деталей обычно применяют тепловую обработку: нагрев хромированных деталей в масле или на воздухе до температуры $120\text{--}160^{\circ}\text{C}$.

Пористое хромирование. Смачиваемость и прирабатываемость осадков электролитического хрома в значительной мере можно улучшить путем дополнительной анодной обработки, при которой микроскопически тонкие трещины осадков хрома растравливаются, становятся широкими и глубокими, образуя так называемый *пористый хром*.

При растравливании защитные свойства хромового слоя от коррозии ухудшаются. Чтобы защитить основной металл

от непосредственного контакта с агрессивной средой, перед хромированием детали меднят или никелируют, потом меднят и вновь никелируют. Наложение таких подслоев перед хромированием обычно применяют при декоративном хромировании. Электролитическая медь и никель не только защищают основной металл от коррозии, но и значительно облегчают работы, связанные с полированием, которое проводится перед декоративным хромированием.*

Пористое хромирование применяется для деталей машин, работающих на истирание при неблагоприятных условиях смазывания (высокая температура, большие удельные давления, невозможность подвода достаточного количества смазки).

Эффект от применения пористого хрома зависит от того, насколько правильно выбран для данной детали вид пористости и правильно произведена механическая обработка.

Под видом пористости понимают степень густоты сетки каналов, их форму и объем, получающиеся после анодного травления. Вид пористости зависит от условий электролиза и анодного травления, т. е. от состава электролита, режима хромирования и анодного травления. В настоящее время различают два основных

вида пористости: канальчатый и точечный.

Канальчатый хром имеет редкую сетку узких и глубоких каналов. Поэтому маслосъемность пористого хрома этого вида сравнительно невелика.

Канальчатый вид пористости получается при анодном растравливании молочных и молочно-блестящих осадков хрома, а точечный—при анодном растравливании матовых и матово-блестящих осадков.

Пористый хром канальчатого вида следует применять для деталей, которые по условиям работы в сопряжении не должны иметь излишней смазки (стенки цилиндров компрессоров, быстроходных двигателей внутреннего сгорания, стержни выхлопных клапанов и другие детали).

Точечный хром имеет очень густую сеть каналов. Поверхность точечного хрома имеет настолько малые по величине опорные площадки хрома, что они выглядят в виде многочисленных точек. Маслосъемность этого вида пористого хрома очень велика. Поэтому точечный хром следует применять в тех случаях, когда детали по условиям работы должны иметь обилие смазки и быстро прирабатываться (поршневые кольца, цилиндры тихоходных двигателей, прецизионные детали топливной аппаратуры).

Электролиты для хромирования по содержанию в них хромового ангидрида CrO_3 делят на три группы: низкой концентрации, средней концентрации и высокой концентрации (табл. 58).

* О декоративном хромировании см. ниже в гл. „Отделочные работы при ремонте оборудования“.

58. Примерный состав электролитов

Наименование электролита	Примерный химический состав в г/л	Характерные особенности электролита	Основное назначение
Низкой концентрации	$\text{CrO}_3=150$, $\text{H}_2\text{SO}_4=1,5$, $\text{Cr}_2\text{O}_3=1,5-3$	Хорошая рассеивающая способность; обеспечивает максимальные выходы хрома по току. Требует частой корректировки; имеет плохую кроющую способность; узкий интервал блестящих осадков. Необходимость напряжения 9—12 в	Для наращивания деталей простой формы
Средней концентрации	$\text{CrO}_3=250$, $\text{H}_2\text{SO}_4=2,5$, $\text{Cr}_2\text{O}_3=2,5-4$	Средняя рассеивающая и кроющая способности; средние величины выхода хрома по току; средний интервал блестящих осадков. Возможна работа при напряжении 6 в	Универсальный электролит
Высокой концентрации	$\text{CrO}_3=350$, $\text{H}_2\text{SO}_4=3,6$, $\text{Cr}_2\text{O}_3=3-6$	Хорошая кроющая способность; дает низкие величины выхода хрома по току; широкий интервал блестящих осадков; имеет плохую рассеивающую способность. Возможна работа при напряжении 6 в	Для защитно-декоративных целей; при хромировании рельефных деталей

Хромирование для целей наращивания обычно проводят при температуре 50—55° С и при плотности тока 40—60 а/дм^2 . Это экономически наиболее выгодные режимы, обеспечивающие высокие механические качества осадков хрома.

Время электролиза устанавливают, учитывая требуемую толщину покрытия и припуск на последующую обработку.

В табл. 59 приведены наиболее характерные электролиты и режимы электролиза, применяющиеся для получения пористого хрома канальчатого и точечного видов.

59. Электролиты и режимы электролиза

Условия электролиза и анодного травления	Вид пористого хрома	
	Канальчатый	Точечный
Состав электролита в г/л	$\text{CrO}_3 = 250$, $\text{H}_2\text{SO}_4 = 2,0$, $\frac{\text{CrO}_3}{\text{H}_2\text{SO}_4} = 125$	$\text{CrO}_3 = 250$, $\text{H}_2\text{SO}_4 = 2,5$, $\frac{\text{CrO}_3}{\text{H}_2\text{SO}_4} = 100$
Режим хромирования	$D_K = 50 \text{ а/дм}^2$, $t = 58 \div 60^\circ \text{С}$	$D_K = 45 \text{ а/дм}^2$, $t = 50^\circ \text{С}$
Режимы анодного травления	$D_a = 40 \text{ а/дм}^2$, $t = 58 \div 60^\circ \text{С}$, $T = 6 \div 8 \text{ мин.}$	$D_a = 40 \text{ а/дм}^2$, $t = 50^\circ \text{С}$, $T = 10 \div 12 \text{ мин.}$

Механическая обработка хромированных деталей. Как правило, все детали, восстанавливаемые хромированием, подвергаются после хромирования механической обработке. Совершенно необходимо обрабатывать детали, покрытые толстыми слоями хрома (0,1 мм и более), а также пористым хромом канальчатого вида.

Механическая обработка гладкого хрома производится шлифованием и хонингованием. Для шлифования хромовых покрытий применяют карборундовые и корундовые камни зернистостью 46—60. Шлифование производится с обычными скоростями, но с малой глубиной резания и обильным смачиванием эмульсией. Хонингование гладкого хрома обычно производят карборундовыми брусками на бакелитовой или керамической связке, зернистостью 220—320. Скорость вращения движения принимается от 30 до 60 м/мин , а скорость возвратно-посту-

пательного перемещения головки 10—12 м/мин .

При точечной пористости хром обрабатывается очень легко. При его обработке можно применять те же режимы и абразивные материалы, что и для гладкого хрома.

В ряде случаев окончательную обработку точечного хрома проводить не рекомендуется во избежание ухудшения прирабатываемости. Например, хромированные точечным хромом поршневые кольца, работающие по твердым азотированным гильзам, механической обработке не подвергаются.

Детали, покрытые точечным хромом и работающие в паре с деталями, имеющими сравнительно мягкий материал (чугун, бронза и т. д.), следует подвергать хонингованию и суперфинишированию. Режимы обработки и абразивные материалы можно применять обычные, но зернистость абразива должна быть не менее 320.

Канальчатый хром использовать без механической обработки невозможно. В то же время механическая обработка канальчатого хрома затрудняется вследствие образования хрупких приподнятий вдоль каналов, возникающих при анодном травлении. При чрезмерном давлении эти приподнятия в процессе обработки скалываются, и таким образом создаются задиры поверхности хрома.

Плохая прирабатываемость канальчатого хрома обуславливается большой площадью контактирования хрома с сопряженными деталями, а также высокой твердостью и износостойкостью электролитического хрома. Для сокращения времени, необходимого на приработку, поверхность канальчатого хрома должна быть обработана очень тщательно — не менее чем по 11-му классу чистоты поверхности (ГОСТ 2789-51). Средняя квадратическая шероховатость до 0,05—0,08 мк . Такая высокая степень чистоты поверхности пористого хрома достигается правильным выбором абразивного инструмента, режима обработки и охлаждающей жидкости.

В качестве охлаждающей жидкости рекомендуется брать керосин или дизельное топливо. Жидкость должна подаваться обильной струей — не менее чем 0,5 л/мин на 1 дм^2 обрабатываемой поверхности.

Лучшим абразивным материалом для обработки канальчатого хрома является карбид кремния зеленый или электрокорунд белый на керамической связке

зернистостью 400—500, имеющий твердость M_3 или CM_1 . Окружная скорость хонинговальной головки рекомендуется в пределах 150—160 м/мин, а скорость возвратно-поступательного движения 8—10 м/мин.

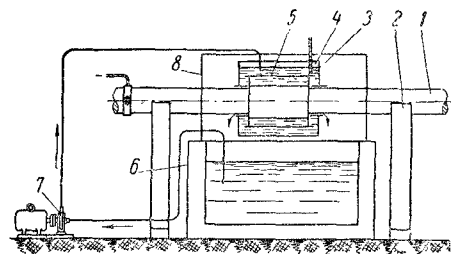
При обработке пористого хрома канальчатого типа возможно попадание абразива и частичек хрома в каналы, поэтому после обработки необходимо поверхность пористого хрома тщательно промывать горячим 5%-ным раствором кальцинированной соды.

Хромирование крупногабаритных деталей. При ремонте машин иногда возникает необходимость в восстановлении хромированием деталей, имеющих большие габариты.

Хромирование изношенных поверхностей в этом случае производят либо вне ванны (безванное хромирование), либо в струе электролита (струйное хромирование).

При безванном хромировании гальваническое покрытие хромом деталей производится не в ванне, а в ограниченном объеме электролита, который образуется либо вспомогательным сосудом, либо использованием для этого соответствующих полостей самой детали.

Два типичных примера безванного хромирования крупногабаритных деталей приведены на фиг. 41 и 42.



Фиг. 41. Схема установки для безванного хромирования крупногабаритных деталей.

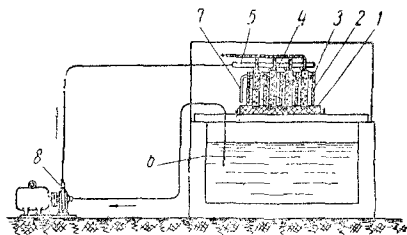
Деталь 1 (фиг. 41) устанавливается над ванной на специальных подставках 2. Хромируемая поверхность 3 закрывается специальным кожухом 4, являющимся своеобразной ванной для хромируемой поверхности. Кожух изготавливается из винилпласта или жести, которая затем выкладывается винилпластовой пленкой или свинцуются. Кожух помещают так, чтобы электролит из него мог стекать в ванну. Вокруг хромируемой поверхности размещается кольцевой перфорированный

анод 5, надежно изолированный от детали.

Подогретый в ванне 6 электролит подается насосом 7 в кожух, где и осуществляется электролиз. Режим электролиза принятый обычный. Объем электролита, подаваемый насосом, устанавливается таким образом, чтобы восполнить утечку и испарение электролита.

Для удаления паров электролита должно быть предусмотрено вентиляционное устройство. Наиболее просто вопрос вентиляции решается при использовании бортовых отсосов ванны хромирования и специальных крышек 8.

На фиг. 42 показано безванное хромирование цилиндров двигателей. Как и в пре-



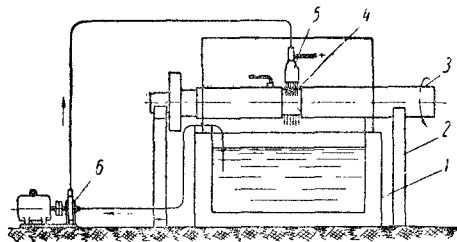
Фиг. 42. Схема установки для хромирования блоков двигателей.

дыущем примере, деталь, в данном случае блок цилиндров 2, помещается над ванной. В качестве местной ванны хромирования здесь используется объем, заключенный между хромируемой поверхностью и днищем 1, выполненным из кислотостойкого, не проводящего электричества материала. В верхней части блока цилиндров крепится проставка 3 для экранирования верхних кромок цилиндров и для увеличения объема ванны. Полые перфорированные аноды 4 устанавливаются внутри цилиндров и центрируются относительно их поверхности.

Горячий электролит при помощи насоса 8 подается к раздаточной гребенке 5 и по соответствующим трубкам подается в цилиндры. Излишнее количество электролита, поданное к хромируемым поверхностям, стекает по трубкам 7 в ванну 6.

Сущность *струйного хромирования* заключается в том, что электролиз проводится не в ванне, а в струе электролита. Анодом при этом является свинцовый наконечник, из которого осуществляется полив электролита. Схема установки для струйного хромирования изображена на фиг. 43. Деталь 3 устанавливается и

вращается на подставках 2. Хромируемая поверхность 4 располагается над ванной 1 и поливается электролитом из свинцового наконечника 5, являющегося одновременно анодом. Горячий электролит подается к свинцовому наконечнику насосом 6, выполненным из кислотостойкого материала. Электролиз обычно ведется на высоких плотностях тока 60—110 а/дм^2 .



Фиг. 43. Схема установки для струйного хромирования.

Метод струйного хромирования позволяет осуществлять контроль покрытия в процессе электролиза и равномерно наращивать ограниченные участки поверхности без воздействия электролита на соседние. Учитывая последнее, выгодно применять этот метод хромирования при ремонте таких узлов, как роторы генераторов, стартеров электродвигателей, умформеров и тому подобных узлов электрооборудования и пр.

Железнение (осталивание)

Стремление применять электролитическое железнение для восстановления изношенных деталей машин объясняется возможностью получения толстых слоев железа (до 1—2 мм) при весьма высокой скорости отложения осадков (0,15—0,20 мм/час) и невысокой стоимостью и недифицитностью исходных материалов для электролитов.

Электролитическое железо имеет мелкокристаллическую структуру, повышенную твердость и прочность по сравнению с чистым железом, полученным термическим путем.

Твердость электролитического железа зависит от условий электролиза, может изменяться от $H_B = 140$ до $H_B = 250$. Необходимо отметить, что с повышением твердости осадков повышается их хрупкость, и поэтому на практике твердость осадков ограничивают величиной $H_B = 160 \div 180$.

Наиболее распространенными электролитами являются хлористые; они дешевы, устойчивы в эксплуатации, отличаются высокой производительностью и дают достаточно качественные осадки.

Восстановление деталей может производиться железнением, железнением с последующим хромированием и железнением с последующей термообработкой (цементация или цианирование, закалка, отпуск).

Недостатками железнения являются невысокая твердость и прочность осадков, большая агрессивность хлористого электролита и ненадежность сцепления осадка с основным металлом, особенно с легированными и термообработанными сталями. Эти недостатки сужают область применения этого процесса и не позволяют применить его к деталям, имеющим неподвижные посадки с большими натягами и работающим на износ при больших удельных давлениях.

Достаточно хорошие осадки электролитического железа получаются при работе в электролите следующего состава: хлористого железа $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 400—500 г/л, хлористого кальция $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 160—170 г/л, соляной кислоты HCl 1—2 г/л, хлористого марганца $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 7—10 г/л.

Аноды растворимые изготавливаются из электротехнического железа марки А по ГОСТ 3836-47, имеющего следующий химический состав: $\text{Fe} \geq 99,5\%$, $\text{C} \leq 0,025\%$, $\text{Si} \leq 0,03\%$, $\text{Mn} \leq 0,035\%$, $\text{S} \leq 0,025\%$, $\text{P} \leq 0,015\%$, $\text{Cu} \leq 0,030\%$.

Режим электролиза: температура электролита $t = 97 \pm 1^\circ \text{C}$; плотность тока $D_k = 15 \pm 1 \text{ а/дм}^2$. Выход по току при указанных выше условиях электролиза равен 95—98%.

Электролитическое декапирование стальных деталей целесообразно производить в ванне следующего состава: фосфорной кислоты уд. веса 1,7—800 мл, серной кислоты уд. веса 1,84—230 мл.

Режим декапирования: плотность тока $D_a = 8 \div 12 \text{ а/дм}^2$, температура электролита 15—30 °С, длительность травления 5—7 мин.

В качестве катодов при декапировании применяются свинцовые стержни. Соотношение анодной и катодной поверхностей должно быть 1:1.

Схема технологического процесса железнения:

1. Изолировать поверхности, не подлежащие железнению.

2. Монтировать деталь на подвесное приспособление

3. Зачистить поверхности детали наждачным полотном.

4. Обезжирить деталь, промыть в холодной воде.

5. Декапировать деталь и промыть в холодной воде.

6. Подвесить деталь в ванну железнения и установить требуемую величину тока. Вести электролиз в течение установленного времени.

7. Промыть деталь в горячей проточной воде.

8. Нейтрализовать в содовом растворе.

9. Промыть в горячей проточной воде.

10. Просушить деталь в струе теплого воздуха.

11. Снять деталь с подвесного приспособления.

12. Промыть деталь и подвесное приспособление в горячей проточной воде и просушить в струе теплого воздуха.

Никелирование *

Никелирование применяется в качестве подслоя перед меднением в кислых ваннах и для защитно-декоративных целей. Никель хорошо полируется и сохраняет свой блеск вследствие образования на его поверхности тончайшей оксидной пленки. Он устойчив в растворах щелочей при любых концентрациях и температурах.

* О применении никелирования для декоративных целей см. также ниже в гл. „Отделочные работы при ремонте оборудования“.

Ввиду пористости никелевых покрытий детали предварительно покрываются медью. По той же причине никелевые покрытия полируют и покрывают хромом.

Наименьшая толщина никелевых и многослойных покрытий предусмотрена ГОСТ 3002-45 (табл. 60).

60. Наименьшая толщина никелевых и многослойных покрытий (ГОСТ 3002-45)

Условия работы	Наименьшая толщина покрытий в мк			Толщина слоя хрома при де- коративном покрытии в мк
	без под- никелевых слоев	многослойных (медь + никель или никель + медь + ни- кель)		
		Суммар- ная тол- щина	Толщина верхнего слоя	
Легкие условия	12	15	5	1
Средние условия	24	30	10	1
Жесткие условия	36	45	15	1

61. Составы электролитов для никелирования и режим работы никелевых ванн

Состав электролита и режим работы ванны	№ ванны		
	1	2	3
Сернокислый никель NiSO_4 в г/л	70—100	140—210	400—450
Хлористый никель $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ в г/л	—	—	30
Сернокислый натрий $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ в г/л	—	80—160	—
Хлористый натрий NaCl в г/л	15,0	—	—
Хлористый калий KCl в г/л	—	20	—
Борная кислота H_3BO_3 в г/л	20	20	20
Кислотность pH	5,4 ± 0,2	5,4 ± 0,2	5 ± 0,5
Температура в °C	20—40	30—40	50
Плотность тока в а/дм ² : при перемешивании	—	2,5	до 10
без перемешивания	1	1,5	—
Выход по току в %	95	95	95

Примечания: 1. Ванна № 1 применяется для получения тонких осадков, а ванны № 2 и 3 для получения толстых осадков никеля.

2. Во всех ваннах рекомендуется постоянная фильтрация электролита.

3. Аноды никелевые, марки Н1, заключенные в латунные чехлы для улавливания спадающего с них шлама при растворении.

Химический состав никеля Н1 согласно ГОСТ 2132-43 следующий: ≥ 99,5% Ni + Co, в том числе ≤ 0,6% Co, ≤ 0,25% Fe, ≤ 0,1% C, ≤ 0,01% S, ≤ 0,1% Cu, следы Si.

Электролиты для никелирования разделяют на электролиты общего назначения, специальные электролиты, электролиты для осаждения никелирования и электролиты для осаждения черного никеля (табл. 61).

Вместо хлористого никеля можно применять хлористый натрий в количестве 2 раза меньшем по весу.

Борную кислоту можно заменить уксуснокислым натрием в эквивалентном количестве.

Схема технологического процесса никелирования:

1. Обработать поверхности детали до требуемой чистоты.

2. Закрепить деталь на подвесном приспособлении.

3. Изолировать места, не подлежащие покрытию.

4. Обезжирить деталь.

5. Промыть в проточной воде.

6. Декапировать деталь.

7. Подвесить деталь в ванну никелирования, никелировать деталь.

8. Промыть в холодной проточной воде.

9. Промыть в горячей воде.

10. Снять деталь с подвесного приспособления.

11. Просушить деталь теплым воздухом.

12. Полировать покрытие.

13. Промыть в органическом растворителе, протереть деталь.

Меднение

Электролитическое меднение чаще всего применяется для нанесения промежуточных слоев, перед никелированием и хромированием, для предохранения от цементации и улучшения прирабатываемости сопряженных деталей. В ремонтном деле меднение применяется также и для восстановления размеров стальных и медных деталей, воспринимающих небольшие нагрузки.

Электролитическая медь имеет небольшую твердость ($H_B = 35 \div 50$). На воздухе в присутствии CO_2 медь корродирует, покрываясь зеленоватым налетом основного карбоната. Медь энергично разрушается сильными кислотами (HNO_3 , H_2CrO_4 , H_2SO_4 и HCl), а также в растворах аммиака.

Электролиз меди можно осуществлять из сернокислых, цианистых и пиррофосфорных электролитов. Основным недостатком сернокислых электролитов для меднения является то, что в них невозможно осуществлять непосредственное покрытие стальных деталей вследствие осаждения на них

непрочного слоя контактной меди. Цианистые электролиты дают мелкокристаллические осадки, позволяют непосредственно проводить меднение стальных деталей, но они весьма ядовиты и поэтому имеют ограниченное применение. В последнее время в практике нашел применение неядовитый пиррофосфорный электролит, который позволяет производить меднение стальных деталей и получать мелкокристаллические осадки.

Электролиты для сернокислого меднения имеют следующий состав: сернокислой меди $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ 200 г/л, серной кислоты H_2SO_4 50 г/л, спирта этилового C_2H_5OH 10 г/л.

Сернокислая медь является основным компонентом, обеспечивающим необходимую концентрацию Cu^{+2} . Серная кислота повышает электропроводность электролита, способствует получению мелкокристаллической структуры осадка. Кроме того, наличие свободной кислоты препятствует выпадению гидрата закиси меди, загрязняющего раствор, и образованию ионов одновалентной меди, способствуя тем самым повышению коэффициента выхода меди по току. Спирт способствует получению мелкокристаллического осадка меди. При отсутствии спирта следует работать на нижнем пределе плотностей тока.

Режим электролиза для данного электролита следующий: плотность тока $D_K = 3 \div 5 \text{ а/дм}^2$; температура электролита $t = 18 \div 20^\circ \text{C}$. Выход по току при этих условиях электролиза составляет 95—98%.

Ванна пиррофосфорного меднения имеет следующий состав: меди сернокислой $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ 35 г/л, натрия пиррофосфорнокислого $Na_4P_2O_7 \cdot 10H_2O$ 140 г/л, натрия фосфорнокислого кислого (двузамещенного) $Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O$ 95 г/л.

Режим электролиза для пиррофосфорного электролита: плотность тока $D_K = 0,3 \div 0,5 \text{ а/дм}^2$; температура электролита $t = 18 \div 25^\circ \text{C}$.

Выход по току при меднении в пиррофосфорных электролитах составляет 90—95%.

Аноды для ванн меднения выполняются из меди марки М1, имеющей химический состав согласно ГОСТ 767-41: $\geq 99,7\% \text{ Cu}$, $\leq 0,002\% \text{ As}$, $\leq 0,002\% \text{ Bi}$, $\leq 0,005\% \text{ Sb}$, $\leq 0,05\% \text{ Fe}$.

Схема технологического процесса меднения:

1. Изолировать поверхности, не подлежащие меднению.

2. Укрепить деталь на подвесное приспособление.

3. Обезжирить деталь.

4. Промыть в горячей и холодной воде.

5. Деканировать в слабом растворе серной кислоты.

6. Промыть в холодной проточной воде.

7. Никелировать или меднить в пиррофосформной ванне.

8. Промыть в холодной проточной воде.

9. Меднить в кислой ванне.

10. Промыть в холодной проточной воде.

11. Снять деталь с приспособления.

При меднении деталей, выполненных из меди и ее сплавов, подслоя никеля наносить не следует.

Цинкование

Цинковые покрытия являются надежным средством предохранения стальных и железных деталей от коррозии в обычных атмосферных условиях.

Цинк пластичен при температурах выше 0°C и становится хрупким при отрицательных температурах. Во влажном воздухе цинк окисляется, покрываясь пленкой из основной углекислой соли, защищающей от дальнейшего разрушения. Цинк растворяется в щелочах и кислотах, реагирует с сероводородом и сернистыми соединениями, образуя сернистый цинк. Для изделий, работающих в условиях трения, цинковые покрытия непригодны. При температурах выше 70°C защитные свойства цинка резко падают.

Скорость разрушения цинка изменяется в зависимости от степени насыщения воздуха кислотами, щелочами, влагой, и поэтому толщину покрытия следует выбирать исходя из условий его эксплуатации. При сроках эксплуатации деталей до 5 лет минимальную толщину покрытия в зависимости от условий их эксплуатации следует принимать по ГОСТ 2249-43:

для легких условий — атмосфера закрытого помещения, отсутствие агрессивных газов, колебаний температуры и влажности $0,007\text{ мм}$;

для средних условий — атмосфера наружного воздуха приморских районов или районов со среднеразвитой промышленностью $0,013\text{—}0,015\text{ мм}$;

для жестких условий — атмосфера наружного воздуха сильно загрязнена промышленными газами и имеет значительную влажность $0,030\text{—}0,035\text{ мм}$.

Электролитическое цинкование производится в кислых, щелочных (цинкат-

ных) и цианистых электролитах. Цианистые и цинкатные электролиты применяются для деталей сложной формы, кислые — для деталей простой формы.

Наиболее широко применяется в практике кислый электролит следующего состава: сернокислого цинка $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ $200\text{—}214\text{ г/л}$, сернокислого натрия $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ $45\text{—}50\text{ г/л}$, сернокислого алюминия $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ $30\text{—}36\text{ г/л}$ или алюминиевокалиевых квасцов $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ $45\text{—}50\text{ г/л}$, декстрина $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$ 10 г/л .

Сернокислый цинк является основной солью для кислых ванн, а сернокислый натрий и сернокислый алюминий повышают электропроводность раствора. Сернокислый алюминий способствует, кроме того, осаждению более светлых осадков и является буферным веществом, стабилизирующим кислотность. Декстрин вводится для улучшения рассеивающей способности ванны и улучшения структуры осадков.

Режим электролиза для данного электролита следующий: температура электролита $18\text{—}25^{\circ}\text{C}$, плотность тока $1\text{—}2\text{ а/дм}^2$.

При указанных выше условиях электролиза выход по току составляет $98\text{—}100\%$.

Время электролиза рассчитывается по формуле, приведенной на стр. 82.

Согласно ГОСТ 1180-41 цинковые аноды должны иметь следующий химический состав: $\geq 99,6\%$ Zn , $\leq 0,03\%$ Pb , $\leq 0,07\%$ Fe , $\leq 0,02\%$ Cd , $\leq 0,002\%$ Sn и Cu (каждого), $\leq 0,005\%$ As и Sb , $\leq 0,002\%$ Bi , $\leq 0,02\%$ других примесей.

Для повышения коррозионной стойкости цинкового покрытия и придания поверхности декоративного вида после цинкования проводится операция осветления и пассивирования. Для этого деталь погружается сначала в раствор хромового ангидрида CrO_3 150 г/л и серной кислоты H_2SO_4 4 г/л . Изделие выдерживается в растворе при комнатной температуре в течение $3\text{—}5$ сек. Пассивирование производится в растворе 200 г/л $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ и $8\text{—}10\text{ см}^3/\text{л}$ H_2SO_4 . Выдержка в растворе $5\text{—}10$ сек.

Схема технологического процесса цинкования:

1. Закрепить деталь на подвесе при приспособлении.

2. Обезжирить деталь.

3. Промыть в горячей и холодной воде.

4. Травить деталь в травильном растворе.

5. Промыть в холодной проточной воде.
6. Промыть в горячей проточной воде.
7. Крацевать деталь.
8. Промыть в холодной воде.
9. Декапировать в слабом растворе серной кислоты и промыть в холодной воде.
10. Цинковать деталь.
11. Промыть в холодной проточной воде.
12. Осветлить и пассивировать деталь.
13. Промыть в холодной проточной воде.
14. Промыть в горячей проточной воде.
15. Просушить деталь.
16. Снять с подвешенного приспособления и контролировать качество покрытия.

Свинцевание

Свинцевание применяется для улучшения прирабатываемости трущихся поверхностей, а также для уплотнения посадок и облегчения монтажа сопряженных деталей, особенно шлицевых соединений. Целесообразно также применять свинцевание для повышения стойкости подвесных приспособлений при работе в сернокислых электролитах, для изготовления легких и прочных анодов при хромировании, а также для образования защитного покрытия стенок сернокислых ванн хромирования, меднения, никелирования, цинкования и кадмирования.

Электролитическое свинцевание можно применять для защиты труб, насосов и другого оборудования, соприкасающегося с сернокислыми электролитами.

Свинец стоек в серной кислоте, но разрушается в азотной и соляной кислотах, в органических кислотах и в щелочах. На воздухе свинец быстро окисляется только с поверхности. Химическая стойкость электролитического свинца больше технического, полученного горячим способом.

Электролиз свинца можно осуществлять из кремнефтористоводородных, борфтористоводородных и перхлоратных электролитов. Наибольшее распространение имеют борфтористоводородные электролиты.

Наиболее часто применяется борфтористоводородный электролит следующего состава: основного углекислого свинца $2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$ 130 г/л, фтористоводородной кислоты HF 100%-ной 120 г/л, борной кислоты H_3BO_3 105 г/л, клея мездры 0,2 г/л.

Режим электролиза: температура электролита $t = 15 \div 20^\circ \text{C}$, плотность тока $d_k = 1 \div 3 \text{ а/дм}^2$. При указанных выше условиях электролиза выход по току составляет 95—100%.

В качестве анодов применяются свинцовые стержни или пластины, выполненные из свинца марки С1 по ГОСТ 3778-47. Химический состав его: $\geq 99,97 \text{ Pb}$, $\leq 0,002\% \text{ Ag, As, Sn}$ (каждого), $\leq 0,001\% \text{ Sb}$, $\leq 0,005\% \text{ Fe, Mg}$ (каждого), $\leq 0,003\% \text{ Zn}$.

Схема технологического процесса свинцевания:

1. Изолировать места, не подлежащие покрытию.
2. Закрепить деталь на подвесном приспособлении.
3. Обезжирить детали бензином и известью.
4. Промыть в холодной проточной воде.
5. Декапировать в растворе серной, уксусной, или плавиковой кислоты.
6. Промыть в проточной холодной воде.
7. Свинцевать деталь.
8. Промыть в холодной проточной воде.
9. Промыть в горячей проточной воде.
10. Снять деталь с подвешенного приспособления.
11. Промыть и просушить деталь.
12. Произвести контроль качества покрытия.

Фосфатирование

Фосфатированием называется химический процесс обработки деталей в комплексной соли дигидрофосфатов железа и марганца (препарата мажеф), при котором на поверхности металлов образуется фосфатная пленка, состоящая из двух- и трехзамещенных фосфатов железа и марганца (для стальных деталей).

Качественная фосфатная пленка имеет ровный темносерый цвет. Пленка обладает хорошей механической прочностью, надежным сцеплением с основным металлом и значительной пористостью.

При ремонте машин фосфатирование применяется в следующих случаях:

- 1) для защиты деталей от коррозии (с последующим промасливанием);
- 2) для улучшения прирабатываемости поверхностей трения шестерен, валов, направляющих;
- 3) в качестве грунта под лаки и краски, обеспечивающего весьма прочное сцепление их с основным металлом.

Фосфатированию для защиты от коррозии подвергают в основном детали, выполненные из углеродистых, малоуглеродистых и малолегированных сталей. Фосфатирование высоколегированных сталей затруднено вследствие образования на них прочной пассивной пленки, препятствующей получению сплошной и прочной фосфатной пленки.

62. Растворы для фосфатирования и режимы обработки деталей

Материал детали	Состав раствора для фосфатирования в г/л	Режим обработки	Назначение фосфатной пленки
Железо и его сплавы	„Мажеф“ 30—33	Температура раствора 97—98° С; продолжительность обработки 40—60 мин.	Антикоррозионная защита; улучшение прирабатываемости; грунт под краску и лак
То же	Ортофосфорной кислоты 80—85, окиси цинка 15—17, нитрита натрия 1—2; рН = 2,7—3,1	Температура раствора 90—98° С; продолжительность обработки 15—20 мин.	Грунт под краску и лак
„	„Мажеф“ 30—33, окись меди 0,3—0,5	Температура раствора 96—98° С; продолжительность обработки 15—20 мин.	Бондеризация для антикоррозионной защиты
Железо и его сплавы	„Мажеф“ 27—33, азотно-кислого цинка 30—50, нитрита натрия 2—3	Температура 15—20° С; продолжительность обработки 15—20 мин.	Антикоррозионная защита; грунт под краску и лак
Железо и его сплавы, цинк, чугун	Ортофосфорной кислоты 22, окиси цинка 9, тринарийфосфата 20—30	Температура 65—70° С; плотность тока 2—3 а/дм ² ; продолжительность протравливания 15—20 мин.	Грунт под краску и лак
Магнелиевые сплавы	Препарата „Мажеф“ 27—32, фтористого натрия 0,2—0,3	Температура 97—99° С; продолжительность обработки 30—40 мин.	—

Для повышения антикоррозионных свойств фосфатной пленки и для улучшения прирабатываемости детали после фосфатирования следует пропитывать в горячем нейтральном минеральном масле.

Детали, фосфатированные с целью создания грунта под лаки и краски, промасливанию не подвергают, так как оно ухудшает приставание лаков и красок. Окраску следует производить сразу же после фосфатирования, с тем чтобы избежать появления очагов коррозии в порах фосфатной пленки. Кроме указанных марок сталей, фосфатированию можно подвергать чугун, цинк и магниевые сплавы. Для этих металлов применяются специальные растворы (табл. 62).

Перед фосфатированием поверхность стальных деталей необходимо подвергать пескоструйной очистке.

Схема технологического процесса фосфатирования:

1. Закрепить деталь в подвесном приспособлении.

2. Произвести химическое обезжиривание.

3. Промыть в горячей проточной воде.

4. Промыть в холодной проточной воде.

5. Произвести химическое декапнирование.

6. Промыть в холодной проточной воде.

7. Фосфатировать деталь.

8. Промыть в горячей проточной воде.

9. Обдуть сжатым воздухом.

10. Промаслить поверхность детали или покрыть лаком или краской.

ЭЛЕКТРОИСКРОВАЯ ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Общие сведения

Электроискровая обработка металлов применяется в промышленности с 1943 г.

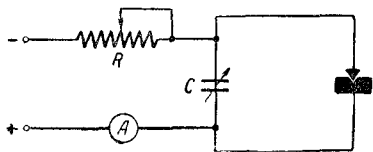
Этот способ обработки основан на использовании электроискрового разряда в электрической цепи выпрямленного (пульсирующего) тока при непосред-

ственным приложении электрической энергии к изделию.

Существует два основных вида электроискровой обработки: размерная обработка и электроискровое упрочнение и наращивание металлов.

При размерной обработке электроискровым разрядом производится эрозионное разрушение и снятие металла с детали, а при упрочнении и наращивании детали при помощи разряда электричества металл наносится на деталь с обрабатывающего электрода-инструмента.

Принципиальная схема электроискровой обработки металлов приведена на фиг. 44. Она представляет контур конденса-



Фиг. 44. Принципиальная электрическая схема электроискровой обработки.

саторной электрической цепи, в который одновременно включены обрабатываемая деталь и обрабатывающий электрод-инструмент.

При размерной обработке металлов обрабатываемая деталь подключается к аноду (положительный полюс), а электрод-инструмент — к катоду (отрицательный полюс). Обработка производится в жидком диэлектрике (непроводнике тока).

В качестве диэлектриков здесь используются главным образом минеральные масла или керосин.

Электроискровое упрочнение и наращивание металлов по этой схеме производится при полярности тока, обратной применяющейся для размерной обработки металлов, т. е. упрочняемая или наращиваемая деталь подключается здесь к катоду, а упрочняющий электрод — к аноду. Обработка производится в этом случае на воздухе.

Электроискровая обработка пока еще не имеет законченной научной теории, объясняющей физическую сущность процесса.

В области размерной обработки металлов наиболее вероятной рабочей гипотезой является гипотеза теплового разрушения металла [1]. По этой гипотезе разрушение металла происходит в результате того, что при электроискровом разряде выделяется большое количество

тепла и развивается очень высокая температура, превышающая 10 000° С. Это тепло, сконцентрированное на небольших участках обрабатываемой детали, мгновенно нагревает металл до температуры плавления и испарения.

В области упрочняющей электроискровой технологии наиболее реальной гипотезой, объясняющей высокие прочностные характеристики упрочненного слоя, является в настоящее время гипотеза термического поверхностного легирования и особой химико-термической обработки, создающих нитриднокарбидный слой на аустенитно-мартенситной основе высокой твердости и износостойкости.

Несмотря на отсутствие законченной теории электроискровой обработки металлов, лабораторными исследованиями и промышленной практикой доказано, что методом электроискровой обработки можно осуществлять ряд различных технологических операций. Промышленное внедрение из них получили следующие: прошивка отверстий в твердых сплавах, в закаленных деталях и труднообрабатываемых аустенитных сталях, обработка шпанов, разрезка твердых сплавов и аустенитных сталей, шлифование, извлечение сломанного инструмента, заточка твердосплавного режущего инструмента, упрочнение и восстановление размеров инструментов и деталей машин.

При ремонте оборудования электроискровая обработка чаще всего применяется для прошивки отверстий в закаленных деталях, извлечения сломанного инструмента, упрочнения деталей машин и упрочняющего наращивания (восстановления размеров) изношенных деталей.

Размерная электроискровая обработка

Интенсивность электрической эрозии, т. е. разрушения металлов, происходящего на их поверхности под действием электрических разрядов, на использовании которого основана электроискровая обработка, зависит от характера электрического разряда, материала электродов и от свойств среды, заполняющей промежуток между электродом и деталью.

Наиболее эффективно электроискровая обработка осуществляется электрическими униполярными импульсами, следующими друг за другом. Для получения таких импульсов в настоящее время разрабо-

63. Техническая характеристика станков для электроискровой обработки металлов выпуска Ленинградского завода «Красногвардеец»

Элементы характеристики	Модель станка		
	ЭИС-1	ЭИС-2	ЭИСК-3
Напряжение питания в В	220	220	220
Мощность в кВт	7	10,5	10,5
Класс точности	4	4	3
Наибольшая интенсивность выброса металла в $\text{мм}^3/\text{мин}$	85	240	334
Габариты стола в мм	300×400	300×500	300×540
Грузоподъемность привода в кг	2	3	3
Вертикальный ход шпинделя при автоматической подаче в мм	40	40	60
Вертикальный ход головки в мм	400	400	400
Цена деления лимба вертикального перемещения в мм	0,05	0,05	0,05
Поперечное перемещение шпинделя в мм	Не имеет	200	200
Цена деления лимба поперечного перемещения в мм	150	Не имеет	Не имеет
Продольное перемещение шпинделя в мм	0,05	0,05	0,05
Цена деления лимба продольного перемещения в мм	50	50	80
Тип ванны	Настольная	0,05	Утопленная подъемная
Глубина ванны в мм	300	300	300
Объем ванны в л	70	70	60
Число ступеней режимов по емкости	6	7	7
Число ступеней режимов по току	6	7	7
Максимальная емкость конденсаторов в мкф	180	500	500
Емкость каждой ступени в мкф	2; 6; 15; 30; 90; 180	2; 4; 6; 25; 88; 125; 250	2; 6; 12; 48; 96; 168; 168
Максимальный ток короткого замыкания в А	36	60	60
Ступени режимов по току в А	2,2; 3,6; 4,7; 12; 18; 36	1; 2; 3; 2; 6,3; 15; 37; 60	0,4; 1; 2; 6; 10; 20; 20
Габариты станка: (длина × ширина × высота) в мм	800×1100×1800	800×1100×1780	1000×1050× ×1780
Вес станка в кг	600	700	700

таны различные типы генераторов импульсов. Сюда относятся конденсаторные датчики импульсов, машинные генераторы, бесконденсаторные установки и др.

Для прошивки отверстий, шлифования и разрезки промышленноостью освоены и выпускаются специальные станки.

В табл. 63 приведены краткие технические характеристики электроискровых станков для копировально-прошивочных работ, выпускаемых Ленинградским заводом «Красногвардеец». Наиболее совершенным из них является станок ЭИСК-3.

На фиг. 45 показана электродинамическая головка этого станка. Работа головки основана на взаимодействии электродинамических сил, возникающих в ее обмотках при протекании по ним электрического тока.

Электрическая схема станка ЭИСК-3 приведена на фиг. 46. Ток в соединенных последовательно обмотках подмагничивания и противовеса регулируется реостатом $R_8 = 650 \text{ Ом}$ так, чтобы стягивающее усилие, создаваемое обмоткой проти-

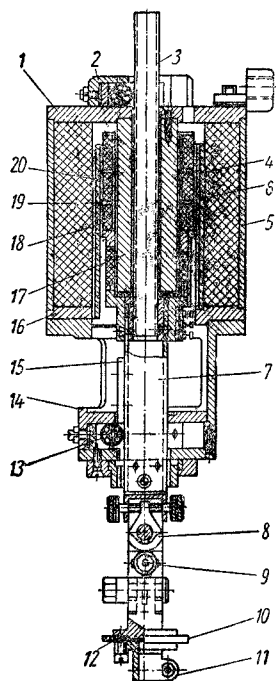
вовеса, компенсировало вес шпинделя с укрепленным на нем электродом. Обмотка подачи одним концом присоединена к отрицательному проводу, куда подключены все балластные сопротивления. Второй конец этой обмотки через сопротивление $R_9 = 700 \text{ Ом}$ включен в общий провод рубильников коммутационного устройства. Таким образом, подача электрода автоматизирована в зависимости от тока в разрядном контуре. Чем больше ток, протекающий по балластному сопротивлению, тем больше усилие, стягивающее шпиндель вверх. С уменьшением тока в балластном сопротивлении до нуля напряжение в обмотке подачи также снижается до нуля, и шпиндель опускается.

Характеристика работы станка ЭИСК-3 на разных режимах приведена в табл. 64.

В настоящее время все большее распространение получает регулирование с помощью электродвигателя-регулятора. Такое устройство отличается простотой конструкции, высокой надежностью в работе

64. Характеристика работы станка ЭИСК-3 на разных режимах

Рабочая жид- кость	Напряжение питания в в	Напряжение на электро- дах в в	Ток короткого замыкания в а	Ток рабочий в а	Емкость в мкф	Частота раз- рядов в гц	Выброс ме- талла из ка- тода в мм ³ /мин	Выброс ме- талла из ано- да в мм ³ /мин	Износ катода в % к аноду
Керосин	220	150	0,4	0,2	2	120—250	0,33	0,4	82,5
•	220	180	40	20	500	40—200	63	125	50
•	280	180	40	30	500	40	78,3	167	46,9
•	220	140	9	5	98	125	13	26	54,1
•	220	150	13	11	216	120	41,7	66	63,2
•	260	150	30	17	312	100	50,1	149	53,1
•	260	170	35	13	398	200	109	180,3	60,0
Вода	260	80	40	25	500	40—400 Неустой- чиво	44,6	102	43,7
	220	80—100	42	24	500	60	85,2	137	60,8
Керосин	230	110—120	41	32	500	200	100,6	213,2	47,1
•	228	108—110	41	30	500	95	104,6	209,4	50
•	228	125	42	28,5	500	200	136	260	52,5
•	228	120	42	28	500	1500—2500	184,8	330	54,0



Фиг. 45. Электро-
динамическая го-
ловка станка
ЭИСК-3: 1 —
верхняя крышка;
2 — направляющие
ролики; 3 — на-
правляющая труба;
4 — кольцевой
сердечник; 5 —
железный ста-
кан; 6 — обмотка
подмагничивания;
7 — шпиндель;
8 — шарнирное
устройство; 9 —
винты для вывер-
ки инструмента;
10 — текстолито-
вый диск; 11 —
патрон для закре-
пления инстру-
мента; 12 — кон-
такт для подвода
тока; 13 — на-
правляющие ролики;
14 — чугунный
кронштейн; 15 —
планка; 16 — ос-
нование головки;
17 — внутренний
сердечник; 18 —
обмотка подачи;
19 — дюралюмино-
вый каркас; 20 —
обмотка противо-
веса.

является обычный электродвигатель по-
стоянного тока. Якорь электродвигателя
жестко соединяется с винтом, перемеща-
ющим подвижную часть регулятора, на
которой находится электрод-инструмент.
Электрическая схема включения элек-
тродвигателя-регулятора показана на
фиг. 48.

Электродвигатель получает постоянное
и независимое питание обмотки возбужде-
ния, а ток в якоре зависит от состояния
межэлектродного зазора. В реальных
условиях работы электроискрового станка
ток непрерывно изменяется как по величи-
не, так и по направлению (фиг. 48, б, 48, в).

Вследствие этого якорь электродви-
гателя вращается с переменной скоростью
и направлением, поддерживая неизмен-
ной некоторую среднюю величину про-
межутка, на которую отрегулирована
работа данной системы. Некоторые кон-
структивные формы приводов электро-
двигателей-регуляторов показаны на
фиг. 49.

Данный принцип использован в кон-
струкциях станков изготовления Ленин-
градского карбюраторного завода имени
Куйбышева, технические характеристики
которых приведены в табл. 65.

Станок ЛКЗ-51 (фиг. 50) предназначен
для электроискрового шлифования не-
больших деталей из твердого сплава, у
которых могут обрабатываться цилиндри-
ческие и конусные отверстия, а также

и допускает применение в станках раз-
личного назначения.

Схема электродвигателя-регулятора при-
ведена на фиг. 47. Основной частью его

65. Технические характеристики станков для электроискровой обработки, выпускаемых Ленинградским карбюраторным заводом им. Куйбышева

Тип станка	Основное назначение станка	Мощность в <i>квт</i>	Напряжение рабочей цепи в <i>в</i>	Емкость конденсаторной батареи в <i>мкф</i>	Рабочая жидкость	Способ подачи рабочей жидкости	Объем рабочей жидкости в <i>л</i>	Наибольшие размеры обрабатываемой детали в <i>мм</i>	Производительность в шт. за 8 час.	Съем металла в <i>г/мин</i>	Достижимая точность в <i>мм</i>	Качество поверхности после обработки на мягком режиме	Габаритные размеры станка в <i>мм</i> (длина × ширина × высота)	Вес станка в <i>кг</i>
ЛКЗ-51	Круглое шлифование	8,4	220	350	Соляровое масло	Подъемная ванна	80	100×80	40	—	0,01	▽▽▽8	900×1100×1860	800
ЛКЗ-48	Сверление круглых отверстий	0,06	220	16	То же	То же	1	20×40	160	—	0,01	▽▽▽8	780×500×780	60
ЛКЗ-37	Заточка резцов	9	220	350	То же	То же	40	30×40×150	40	1,52 *	0,01	▽▽▽8	1000×900×1860	850
ЛКЗ-54	Профилирование резцов . .	8,4	220	350	"	"	50	80×120	—	1,5 *	0,01	▽▽▽8	900×1100×1860	700
ЛКЗ-52	Плоское и круглое шлифование	10	36	700	"	"	80	60×200	—	100 **	0,05	▽▽6	900×1100×1860	700
ЛКЗ-М51	Универсальное шлифование	8,4	220	350	"	"	80	80×200	—	5 *	0,01	▽▽▽8	900×1100×1860	700
ЛКЗ-49	Прорезка узких щелей . . .	0,75	220	10	"	"	3	120×6	300	—	0,05	▽▽5	500×300×600	80
ЛКЗ-55	Разрезка деталей	5	220	350	Вода	"	15	25×45	150	—	0,1	▽▽5	600×700×1150	100
ЛКЗ-53	Обработка мелких матриц	0,25	220	16	Соляровое масло	"	1	40×40	4	—	0,01	▽▽▽8	250×200×175	85
ЛКЗ-34	Обработка малых отверстий различных размеров и профилей	0,4	220	2	То же	"	2	80×30	500—800	—	0,01	▽▽▽7	1000×420×600	240
ЛКЗ-38	Обработка малых отверстий диаметром 0,15 мм в распылителях	0,2	220	6×0,25	Керосин	Неподвижная ванна с циркуляцией	0,5	25×13	6×960	—	0,01	▽▽▽7	800×1500×600	250

* Для твердого сплава.
 ** Для магнитного сплава.

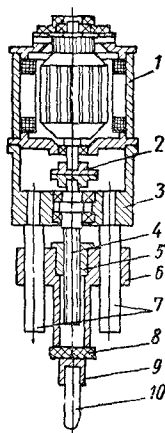
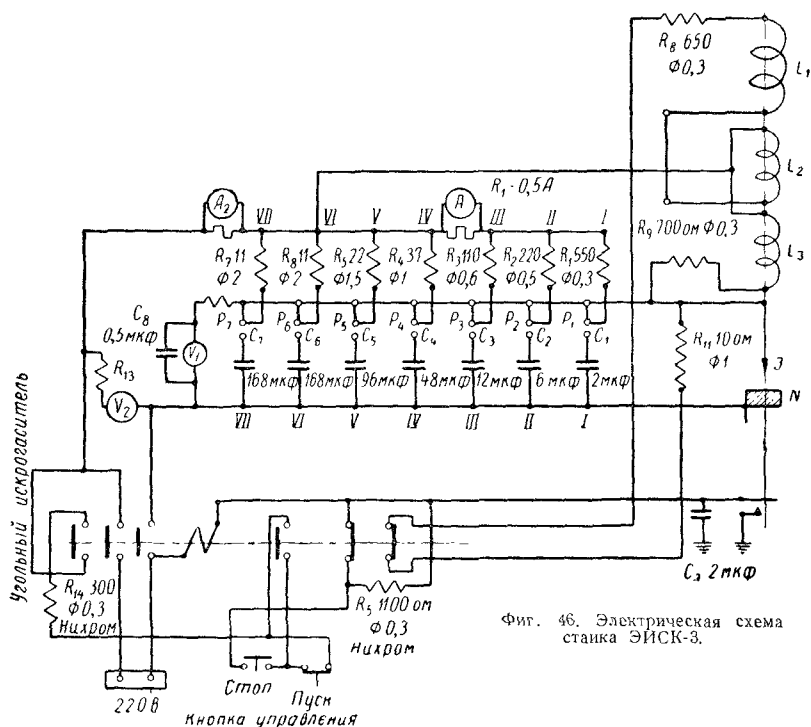


Fig. 47. Схема электродвигателя-регулятора: 1 — электродвигатель; 2 — соединительная муфта; 3 — корпус; 4 — подающий винт; 5 — гайка; 6 — ползушка; 7 — колонки; 8 — изоляционная прокладка; 9 — электрододержатель; 10 — электрод-инструмент.

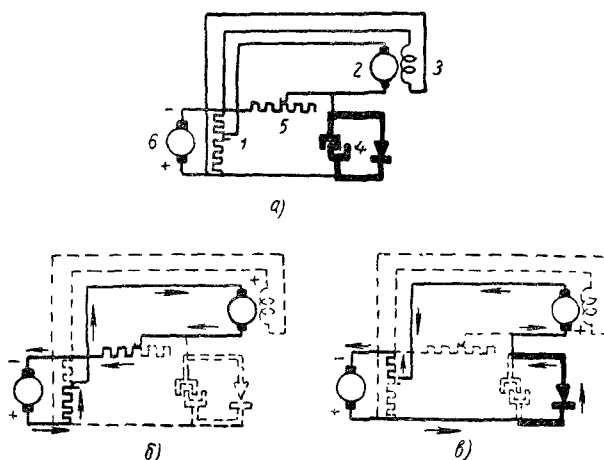
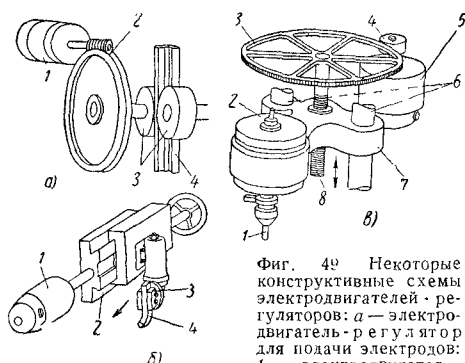
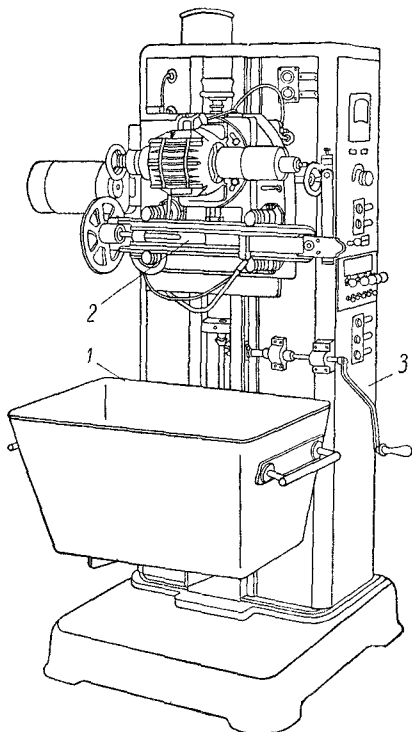


Fig. 48. Электрическая схема электродвигателя регулятора: а — элементы схемы; 1 — потенциометр; 2 — якорь электродвигателя; 3 — обмотка возбуждения; 4 — разрядный контур электроникрового станка; 5 — балластное сопротивление; 6 — источник питания; б — направление токов и полярность на якоре при отсутствии разрядов между электродами; в — направление токов и полярность на якоре при коротком замыкании электродов.

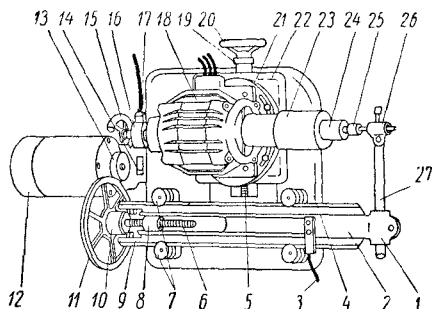


Фиг. 49. Некоторые конструктивные схемы электродвигателей-регуляторов: а — электродвигатель-регулятор для подачи электродов; б — электродвигатель-регулятор для подачи электродов. 1 — электродвигатель; 2 — червячная передача; 3 — подающие ролики; 4 — ленточный электрод-инструмент; 5 — электродвигатель-регулятор станка для заточки резцов; 6 — электродвигатель-регулятор; 7 — суппорт; 8 — резцедержатель; 9 — заточиваемый резец; 10 — электродвигатель-регулятор для электроискрового сверления; 11 — вращающийся электрод-инструмент; 12 — электродвигатель; 13 — фрикционное колесо; 14 — ведущий фрикционный ролик; 15 — электродвигатель-регулятор; 16 — направляющие колонки; 17 — каретки; 18 — винт подачи.



Фиг. 50. Станок ЛК3-51 для электроискрового шлифования деталей из твердого сплава: 1 — подъемная ванна; 2 — рабочая головка; 3 — корпус станка, в котором размещено электрооборудование

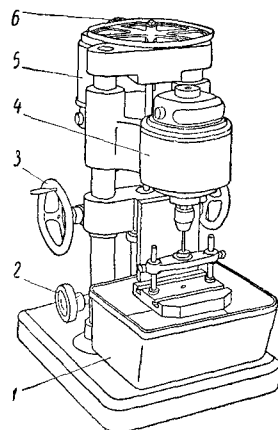
наружные поверхности тел вращения. Обрабатываемая деталь вращается со скоростью около 3000 об/мин. Устройство рабочей головки приведено на фиг. 51. Электроду-инструменту сообщается прямолинейное возвратно-поступательное пе-



Фиг. 51. Рабочая головка станка ЛК3-51.

ремещение при помощи ползуна 9, который приводится в движение электродвигателем 12 через пару фрикционных колес 11 и 13 и винт 7 с гайкой 8. Электродвигатель 18 служит для вращения обрабатываемой детали, которая закрепляется в патроне 24. При необходимости съема больших количеств металла путем соответствующих переключений на панели электродвигатель 12 используется в качестве автоматического регулятора.

Настольный станок ЛК3-48 (фиг. 52) служит для электроискрового сверления.



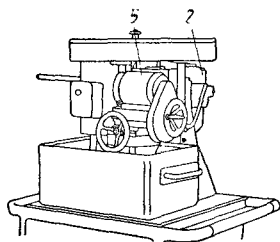
Фиг. 52. Станок ЛК3-48 для электроискрового сверления: 1 — подъемная ванна; 2 — маховик для подъема и опускания ванны; 3 — маховичок для перемещения каретки; 4 — электродвигатель для вращения электрода; 5 — электродвигатель регулятор; 6 — фрикционная передача

Подъем и опускание ванны с рабочей жидкостью осуществляется маховичком 2. Электрод-инструмент (обычно проволочка) закрепляется в цанговом зажиме. Электроду дается вращение со скоростью 5000—8000 об/мин. Подача электрода осуществляется электродвигателем-регулятором 5 посредством фрикционной передачи 6.

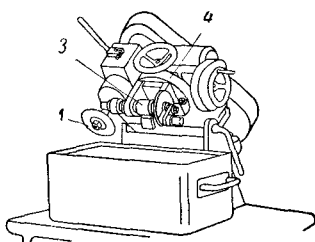
Станок ЛКЗ-55 (фиг. 53) предназначен для электроискровой разрезки деталей небольших размеров: стальных цанг, твердосплавных лунетных втулок, раскроя твердосплавных пластинок и других

Указанные станки предназначены главным образом для обработки деталей из твердых сплавов, но могут быть использованы также и для обработки закаленных деталей из различных марок сталей.

Научно-исследовательским филиалом ВПТИ 6. Минтрансаша изготовлен электроискровой станок для прошивки глубоких отверстий модели ЭП-3М. Для управления станка использована бесконденсаторная схема низкого напряжения (фиг. 55), что обеспечило более высокую производительность (в 3—4 раза), чем при

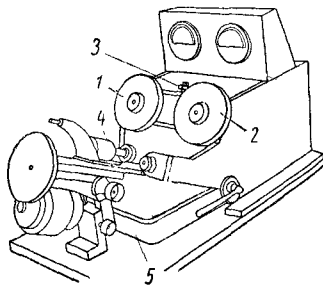


а)



б)

Фиг. 53. Станок ЛКЗ-55 для электроискровой разрезки деталей из твердого сплава: а — в рабочем положении; б — при смене детали.



Фиг. 54. Станок ЛКЗ-49, для электроискровой прорезки узких деталей.

работ. Дисковые электроды-инструменты 1 могут изготавливаться из меди, латуни, алюминия и стали. Лучшие результаты дают медные электроды. Шпиндель дискового электрода приводится во вращение электродвигателем 2. Обрабатываемая деталь закрепляется в патроне делительной головки 3, которая может устанавливаться под углом (в плоскости резания) при помощи поворотного круга 4. Подача осуществляется электродвигателем-регулятором 5, который перемещает горизонтальный суппорт. На фиг. 53, а станок показан в рабочем положении, а на фиг. 53, б головка станка откинута для смены детали.

Станок ЛКЗ-49 (фиг. 54) рассчитан на выполнение электроискровой прорезки узких щелей. Электродом-инструментом здесь служит тонкая латунная лента, намотанная на барабан 1 и медленно перематываемая на барабан 2 с помощью электродвигателя и редуктора, заключенных внутри корпуса станка. Барабан тормозится колодочным тормозом 3 для натяжения ленты. Лента перекинута через ролики 4 для погружения ее в ванну 5 с рабочей жидкостью. На этом станке могут быть осуществленырезы шириной 0,1—0,15 мм.

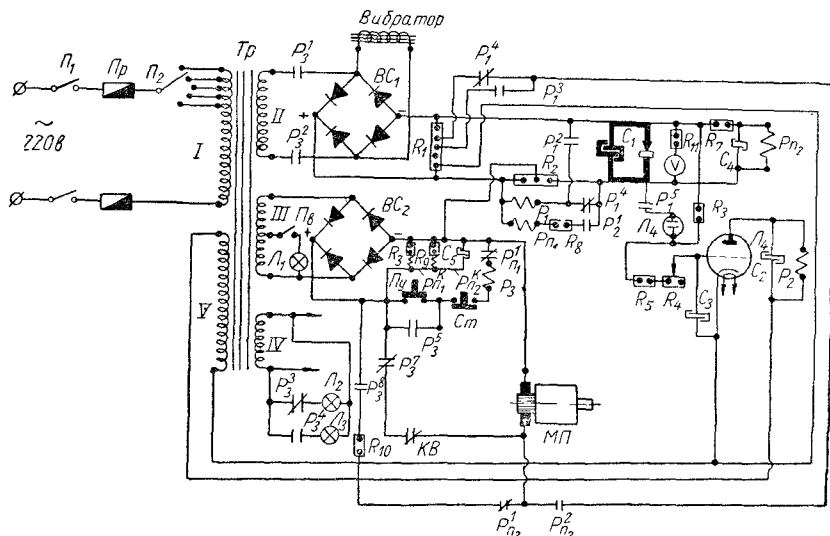
конденсаторной схеме на высоком напряжении, а также большую простоту и удобство в эксплуатации.

Питающее напряжение постоянного тока в пределах 24—35 в. Рабочий ток 40—70 а. Электрод-инструмент может быть изготовлен из чугуна, стали, алюминия или латуни. Наилучшие результаты дает латунный электрод. Глубина прошиваемых отверстий более 100 мм.

В качестве рабочей жидкости применяется дизельное топливо, которое подается под давлением 1—2 кг/см². Максимальный съем металла 1500 мм³/мин.

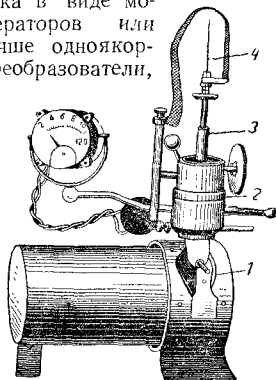
Кроме стационарных или настольных станков, существуют переносные устройства для электроискровой обработки. К числу их относится, в частности, переносное устройство для электроискрового удаления сломанного инструмента типа ЛЭЯС-356 (фиг. 56). Устройство укрепляется на обрабатываемой детали. Сломанный инструмент (сверло, метчик и т. д.) разрезается на легко удаляемые части.

Питание электроискровых станков осуществляется постоянным током. Конструкция большинства станков предусматривает его получение с помощью селеновых выпрямителей, встроенных в станок. При отно-



Фиг. 55. Электрическая схема станка ЭП-3М

сительно большой мощности (несколько киловатт) в селеновых выпрямителях наблюдаются значительные потери напряжения, что неблагоприятно сказывается на работе станков при переменной нагрузке. В этом случае целесообразно применять машинные генераторы постоянного тока в виде мотор-генераторов или еще лучше одноякорные преобразователи,

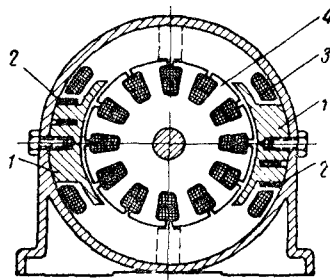


Фиг. 56. Устройство типа ЛЭЯС-356, для электроэрозионного удаления сломанного инструмента: 1 — корпус; 2 — подающий механизм; 3 — электрододержатель; 4 — электрод.

так как последние занимают значительно меньшие места и дешевле.

Одноякорный преобразователь представляет нормальную машину постоян-

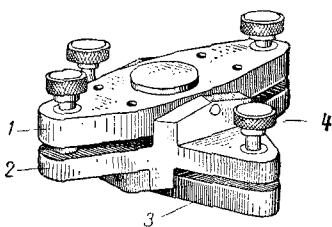
ного тока, в которой дополнительно установлены три контактных кольца, симметрично присоединенных к коллектору. Трехфазный ток подводится к кольцам, и когда машина приходит во вращение, то с коллектора может быть снят постоянный ток. Самозапуск машины в этом случае обеспечивается короткозамкнутыми витками (пряжками) 2, которые накладываются на часть полюсного наконечника 1 машины (фиг. 57). Машина при этом начинает вращаться как асинхронный двигатель и достигает скорости, близкой к синхронному числу оборотов.



Фиг. 57. Магнитопровод и обмотки одноякорного преобразователя: 1 — полюсные наконечники; 2 — короткозамкнутые витки; 3 — обмотки возбуждения; 4 — ярмо.

При изготовлении электродов-инструментов для обработки рабочих отверстий

необходимо принимать во внимание величину зазоров, получающихся между стенками обрабатываемых отверстий и электродом-инструментом, и повышенный износ электродов-инструментов при обработке, например, твердых сплавов. Электрод-инструмент не должен отклоняться от вертикали, так как иначе отверстие получается вытянутым. Выверка электрода-инструмента производится при помощи индикатора и специального приспособления, которым оснащаются электроискровые станки (фиг. 58). Верхняя планка приспособления крепится к шпинделю



Фиг. 58. Приспособления для выверки направления оси электродов-инструментов: 1 — верхний шарнир; 2 — промежуточный шарнир; 3 — нижний шарнир; 4 — регулировочные винты.

станка, а к нижней прикреплен электрододержатель, в котором зажимается электрод-инструмент. При помощи установочных винтов можно отклонять электрод-инструмент в двух взаимно перпендикулярных направлениях и придавать ему требуемое направление.

Электроискровое упрочнение и восстановление размеров изношенных деталей машин

Механизм процесса упрочнения весьма сложен и полностью еще не раскрыт. Однако, основываясь на имеющихся экспериментальных данных и данных металлографического, рентгеноструктурного, фазового и электронно-оптического анализов, можно предполагать, что физическая сущность процесса упрочнения заключается в следующем.

Электрод, получающий с помощью вибратора возвратно-поступательное движение, периодически замыкает и размыкает вторичную цепь, касаясь детали. В момент, предшествующий замыканию электрода на деталь, происходит разряд конденсатора, при котором мгновенный ток и особенно плотность тока в канале разряда достигают весьма высоких значений. Температура в канале разряда по данным ряда литературных источников достигает при

этом 10 000—11 000° С. Эти мгновенные тепловые импульсы, периодически следующие друг за другом, приводят к весьма глубоким преобразованиям материала электрода и детали. Поверхностный слой электрода (анода) и детали в микрообъемах (катода) на элементарной площадке воздействия факела искры доходит до распыления, кипения и испарения.

За счет ионной проводимости элементы, составляющие электрод, переносятся на деталь и легируют ее поверхностный слой. Под действием высокой температуры в канале разряда азот воздуха диссоциирует на атомарный и, становясь более активным, также легирует поверхностный слой металла. Исследованиями ЦНИИТМАШ в упрочненных слоях обнаружено более 3% азота. В поверхностном слое детали в момент его разогрева и расплавления происходит диффузия перенесенных элементов электрода и азота воздуха. Азот, попадая в сталь, образует нитриды и карбонитриды. При каждом разряде величина поверхности, подвергаемая тепловому воздействию, чрезвычайно мала, поэтому скорости нагрева и охлаждения элементарных участков поверхности обрабатываемой детали очень велики (таких не знает техника термобработки). Это приводит к образованию в поверхностных слоях ряда закалочных структур.

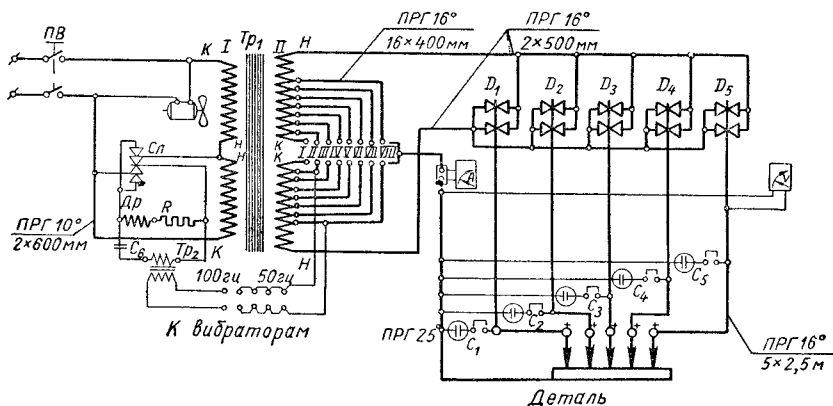
Таким образом, благоприятное сочетание закалочных структур и твердых включений (мелкодисперсные карбиды, нитриды и карбонитриды) придает упрочненному слою чрезвычайно высокую твердость и износостойчивость.

При электродах из хрома и алюминия упрочненный электроискровым способом слой характеризуется также высокой жаростойкостью и стойкостью против газовой коррозии.

Для электроискрового упрочнения и наращивания металлов в условиях ремонтных цехов наиболее пригодны электроискровые аппараты ЦНИИТМАШ ИАС-2М и ИАС-3.

Электроискровой аппарат ЦНИИТМАШ ИАС-2М* (фиг. 59) предназначен для упрочнения инструмента и деталей машин с целью повышения их износостойкости и жаростойкости, для деталей, работающих при высоких температурах в различных газовых средах. На аппарате можно производить также упрочняющее нара-

* Конструкции Г. П. Иванова, С. С. Астафьева и Б. П. Савукова.



Фиг 59. Электрическая схема аппарата ЦНИИТАШ ИАС-2М.

щивание для восстановления размеров изношенных деталей машины.

Аппарат отличается от всех существующих аппаратов рабочим током (до 70 а на каждый электрод) и высокой емкостью батарей конденсаторов (600 мкф на каждый электрод), что позволяет получать упрочненный слой глубиной до 2,0 мм при производительности до 8 см²/мин.

Аппарат имеет силовой трансформатор стержневого типа с естественным воздушным охлаждением его обмоток. Обе обмотки поровну расположены на двух стержнях трансформатора. Первичная обмотка рассчитана на напряжение 220 в. Вторичная обмотка состоит из двух ветвей на 45 в каждая, включаемых по двухполупериодной схеме выпрямления с нулевой точкой. Обе ветви имеют равноотстоящие отводы от витков для регулирования мощности аппарата. Эти отводы и концы ветвей последовательно замыкаются вилкой, которая является нулевой точкой. Панель с гнездами и вилка для переключения расположены с левой стороны аппарата. Оба начала ветвей вторичной обмотки подведены к выпрямителям.

Выпрямители состоят из селеновых столбиков, соединенных по двухполупериодной схеме, и подключены к ветвям вторичной обмотки параллельно друг другу. Этим обуславливается независимость режима работы каждого электрода, подключенного к отдельному выпрямителю, от работы соседних электродов.

Аппарат укомплектован двумя вибраторами.

Две катушки вибратора (фиг. 60) общей мощностью 60 вт; питаются переменным током частотой 50 и 100 гц, напряжением 30 и 45 в.

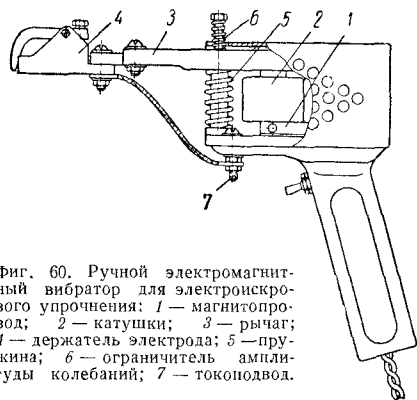
Техническая характеристика аппарата ИАС-2М

Первичное напряжение в а	220
Номинальная мощность в квт	8
Номинальная продолжительность включения (ПВ) в %	70
Номинальный ток в первичной цепи в а	36
Вторичный ток	Выпрямленный пульсирующий
Число ступеней регулирования мощности	8
Пределы регулирования вторичного напряжения:	
без включения емкости	7—34
с включенной емкостью 600 мкф	10—50
Пределы рабочего тока в а	15—180
Емкость аппарата, составленного из пяти батарей электролитических конденсаторов по 600 мкф в каждой батарее (используется на один электрод), в мкф	3000
Габариты аппарата в мм	810×510×460
Вес аппарата в кг	140

На аппарате ИАС-2М можно работать одновременно на пяти электродах при любой комбинации их в вибраторах: пять электродов в четырех вибраторах; пять электродов в трех вибраторах; пять электродов в двух вибраторах.

При работе на одном электроде, особенно на жестких режимах, целесообразно все пять электродных клемм замыкать коротко перемычкой с целью разгрузки выпрямителей. В этом случае следует

включать лишь одну (любую) батарею конденсаторов, а остальные четыре вилки удалить из гнезд панели (фиг. 61).



Фиг. 60. Ручной электромагнитный вибратор для электрохромного упрочнения: 1 — магнетрон; 2 — катушки; 3 — рычаг; 4 — держатель электрода; 5 — пружина; 6 — ограничитель амплитуды колебаний; 7 — токоподвод.

При работе на аппарате несколькими электродами рабочий ток их не должен превышать 180 а.



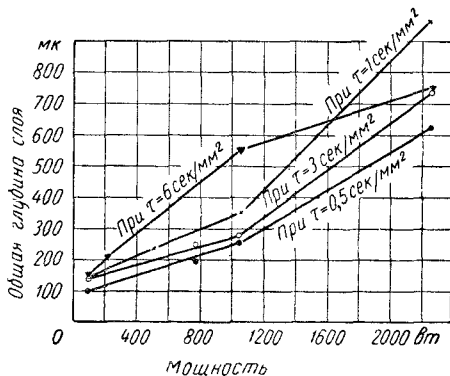
Фиг. 61. Порядок подключения электродов к аппарату ИАС-2М и включения конденсаторных батарей.

Для ограничения рабочего тока при работе на VII и VIII режимах между аппаратом и деталью включается дополнительное сопротивление, прилагаемое к аппарату один конец сопротивления подключается

в клемме «Деталь», а второй конец — к обрабатываемой детали).

Весьма существенно влияют на интенсивность упрочнения и качество получаемой поверхности применяемые электрические режимы.

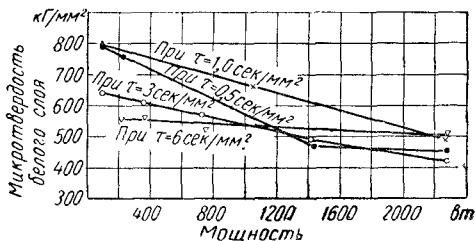
Опытами, проведенными ЦНИИТМАШ с аппаратом ИАС-2М, установлена прямая зависимость глубины и обратная зависимость твердости упрочненного слоя от степени мощности, на которой производится упрочнение (фиг. 62 и 63). С уве-



Фиг. 62. Зависимость глубины слоя, полученного при упрочнении феррохромом, от мощности режимов аппарата ИАС-2М и удельной длительности упрочнения.

личением мощности глубина слоя увеличивается, а твердость понижается.

Качество упрочненного слоя также зависит от электродов. Для упрочнения деталей машин в качестве электродов рекомен-



Фиг. 63. Зависимость микротвердости белого слоя, полученного при упрочнении феррохромом, от мощности режимов аппарата ИАС-2М и удельной длительности упрочнения.

дуется применять феррохром (75% хрома) и твердые сплавы. Для упрочнения режущих кромок инструментов рекомендуются электроды из твердых сплавов

ВК-2, ВК-3, Т15К6 и графит ЭГ-2. Режущие инструменты рекомендуется упрочнять только на первых трех режимах аппарата, детали машин можно упрочнять на всех режимах аппарата.

На аппарате ИАС-2М можно производить двойной процесс обработки: упрочнение и восстановление изношенных деталей машин с величиной износа до 1 мм.

Восстановление размеров изношенных деталей производится путем последовательного упрочняющего наращивания их, в результате чего твердость нанесенного слоя получается в 2—3 раза выше твердости материала упрочняющего электрода, что невозможно получить при наплавке. Поэтому при восстановлении стальных и чугунных деталей не следует применять электроды из материалов большой твердости. Восстановление стальных деталей можно успешно производить электродами из малоуглеродистой стали с содержанием углерода 0,1—0,2%, а чугунных деталей — электродами из обычного серого чугуна.

Чистота поверхности упрочненного слоя находится в обратной зависимости от мощности режимов обработки, т. е. чем мощность больше, тем класс чистоты ниже.

При упрочнении и восстановлении деталей на аппарате ИАС-2М в соответствии с его режимами обработки можно получить чистоту поверхности слоя от 1-го до 6-го класса чистоты.

Полученный на всех режимах, кроме 1, упрочненный слой на деталях при необходимости их точной пригонки можно шлифовать. При этом твердость и износостойкость упрочненного слоя не ухудшается, а остающиеся иногда мелкие микроразрывы после шлифования значительно

улучшают условия смазки и увеличивают износостойкость деталей.

В зависимости от размеров детали и величины обрабатываемой поверхности упрочнение и восстановление деталей могут производиться вручную одним или несколькими электродами, а также механизированным способом с использованием упрочняющей головки ЦНИИТМАШ.

При обработке тел вращения, как, например, валков прокатных станов для холодной и горячей прокатки металла, шеек коленчатых валов, шпинделей станков и различных валиков, процесс упрочнения можно механизировать, используя токарный станок (вибратор закрепляется на суппорте станка, а деталь устанавливается в центрах или патроне станка).

Продолжительность операции упрочнения детали одним электродом с практически удовлетворительной точностью может быть определена по формуле

$$T = F\tau,$$

где F — обрабатываемая площадь в мм^2 ; τ — удельное время упрочнения в $\text{сек}/\text{мм}^2$.

Продолжительность операции упрочнения при нескольких электродах (до пяти) определяется по формуле

$$T = \frac{F\tau}{n \cdot 0,8},$$

где n — количество одновременно работающих электродов в вибраторе; 0,8 — средний коэффициент одновременности работы электродов, который учитывает холостое проскальзывание электродов в работе (при многоэлектродной работе этот коэффициент в зависимости от количества работающих электродов колеблется от 0,75 до 0,85; самое большое проскальзывание

66. Материал электродов и режимы, применяемые при упрочнении деталей на аппарате ЦНИИТМАШ ИАС-2М

Наименование упрочняемой детали	Материал электрода	Степень регулирования мощности	Удельное время при одном электроде τ в $\text{сек}/\text{мм}^2$
Резцы	ВК-2, ВК-3, графит	1—3	3—4
Сверла и фрезы	ВК-2, ВК-3, графит	1—2	2—3
Бандажи колес паровозов и вагонов, лемехи тракторных плугов и детали станков	Феррохром	5—8	0,3—1,0
При восстановлении деталей станков и ободования	Сталь Ст. 1 и Ст. 2 и серый чугун	6—8	0,3—0,7

67. Технологическая таблица для электроискрового упрочнения деталей машин на аппарате ИАС-2М (при ручной обработке)

Параметры режимов	Ступени регулирования мощности							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Напряжение в в	10	15	21	26	32	37	43	50
Рабочий ток в а: один вибратор на один электрод	15	25	30	35	45	50	60	70
один вибратор на пять электродов	40	60	70	90	110	125	145	180
Удельное время упрочнения τ в сек/мм ²	1,5	1,3	1,2	1,1	1,0	0,7	0,5	0,3
Глубина упрочненного слоя в мм	0,1	0,2	0,4	0,5	0,7	1,1	1,5	2,0
Микротвердость в кг/мм ² (электрод феррохром)	Подслой							
	920	890	850	830	800	760	710	600
	Белый слой							
	800	758	728	704	685	664	510	500
Классы чистоты по ГОСТ 2789-51	6-й	5-й	5—4-й	4-й	4—3-й	3-й	2-й	1-й
Производительность аппарата ИАС-2М (на одном электроде) в см ² /мин.	0,4	0,46	0,55	0,55	0,6	0,86	1,2	2,0
Расход электрода $Q = F\lambda$ г/см ² (феррохром)	0,009	0,03	0,05	0,07	0,085	0,11	0,28	0,32
Примечание. При механизированном упрочнении производительность достигает 20 см ² /мин.								

имеет место при пяти работающих электродах в одном вибраторе).

Рекомендуемые значения τ , материал электродов и режимы упрочнения для различных деталей приведены в табл. 66.

Расход материала электродов может быть определен по формуле

$$Q = F\lambda,$$

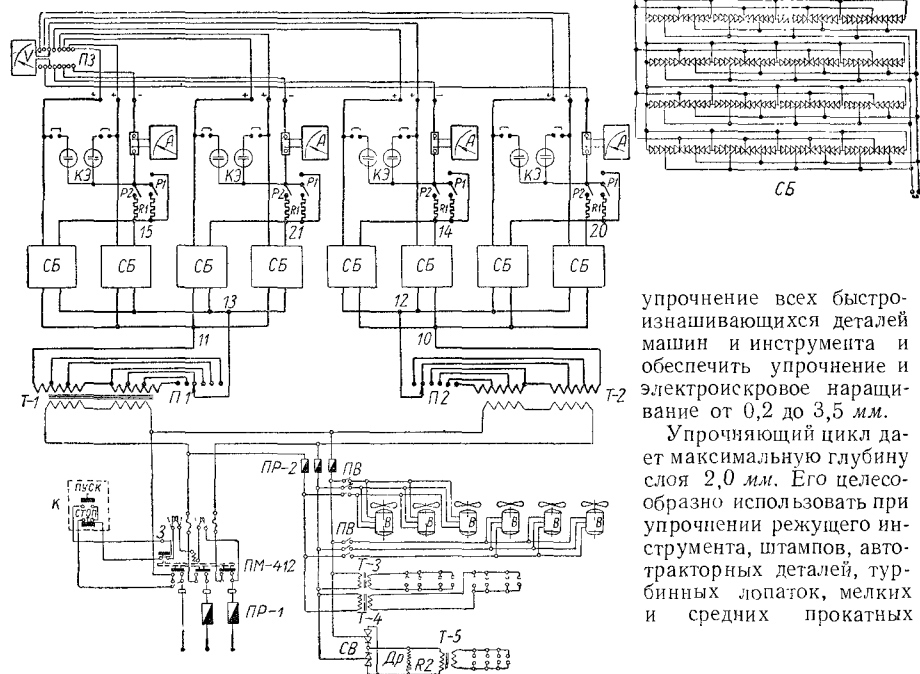
где Q — расход материала электродов в г; F — обрабатываемая площадь в см²; λ — удельный расход материала в г/см², для I—IV-й ступеней мощности аппарата $\lambda = 0,05 \div 0,1$ г/см², для V—VII-й ступеней мощности $\lambda = 0,2 \div 0,3$ г/см².

Увеличение износостойкости инструментов и деталей машин при упрочнении с использованием аппарата ИАС-2М получается в среднем в 3—4 раза.

При эксплуатации аппарата рекомендуется руководствоваться табл. 67.

Электроискровой аппарат ЦНИИТМАШ ИАС-3 (модели 1955 г.) предназначен для электроискрового упрочнения и восстановления размеров изношенных крупногабаритных деталей машин.

На аппарате ИАС-3 можно получить глубину упрочненного, диффузионного слоя от 0,2 до 3,5 мм при производительности обработки более 17 см²/мин.



Фиг. 64. Электрическая схема аппарата ИАС-3.

Техническая характеристика аппарата ИАС-3

Первичное напряжение в а	220
Номинальная мощность аппарата в <i>квт</i>	30
Номинальная мощность каждого трансформатора при ПВ-50% в <i>квт</i>	15
Максимальный длительный ток в первичной цепи каждого трансформатора в а	60
Число ступеней регулирования	6
Количество клемм для подключения электродов	8
Количество селеновых блоков	8
Число батарей электрических конденсаторов по 600 <i>мкф</i>	8
Число клемм для подключения катушек вибраторов для питания их током частотой 50 <i>гц</i>	8
Число клемм для подключения катушек вибраторов для питания их током частотой 100 <i>гц</i>	4
Напряжение для питания катушек вибраторов частотой 50 <i>гц</i> в в	30
Напряжение для питания катушек вибраторов частотой 100 <i>гц</i>	45
Пределы регулирования вторичного выпрямленного напряжения с включенной емкостью 600 <i>мкф</i> в в	11—65
Пределы рабочего тока в а	15—250

Аппарат смонтирован на четырехколесной тележке. В нижней части аппарата установлены два силовых трансформатора для питания двух самостоятельных групп по четыре блока селеновых выпрямителей, расположенных выше. С лицевой стороны аппарата в верхней части расположены электронизмерительные приборы, в средней части закреплен распределительный щит и в нижней части установлен магнитный пускатель типа П-412 для включения аппарата в сеть и двойной переключатель режимов, для переключения которых предусмотрена специальная дверка.

Принципиальная схема аппарата приведена на фиг. 64.

Аппарат укомплектован четырьмя двух-электродными ручными вибраторами и может работать с механизированной упрочняющей головкой ЦНИИТМАШ.

Электронскровой аппарат ИАС-3 может работать по трем рабочим циклам: по упрочняющему циклу, по циклу повышенного упрочнения и по циклу глубокого упрочнения. Эти технологические циклы аппарата дают возможность производить

упрочнение всех быстроизнашивающихся деталей машин и инструмента и обеспечить упрочнение и электроискровое наращивание от 0,2 до 3,5 мм.

Упрочняющий цикл дает максимальную глубину слоя 2,0 мм. Его целесообразно использовать при упрочнении режущего инструмента, штампов, авто-тракторных деталей, турбинных лопаток, мелких и средних прокатных

Примечания: 1. Скорости движения электродов при упрочнении подбирать по таблицам скоростей.
2. При работе на механизированной головке ЦНИИТМАШ производительность упрочнения достигает $40 \text{ см}^2/\text{мин.}$

валков, деталей механизмов литейных и кузнечных цехов, деталей строительных и других машин.

Цикл повышенного упрочнения, дающий максимальную глубину слоя 2,5 мм, целесообразно использовать для упрочнения и восстановления валков крупных прокатных станов, деталей землеройных машин, песочных транспортеров, бандажей колес паровозов и вагонов, лемехов тракторных плугов и культиваторов и деталей других сельскохозяйственных машин, лопастей гидротурбин, буровых долот.

Наибольшую глубину слоя до 3,5 мм дает цикл глубокого упрочнения. Этот цикл целесообразно использовать для упрочнения и восстановления деталей станочного оборудования, деталей автомобилей и тракторов, при заделке трещин в автомобильных и тракторных блоках двигателя и т. д.

Глубина упрочненного слоя, получаемая на аппарате ИАС-3, и его производительность приведены в нормативной технологической инструкции (табл. 68).

Техника безопасности при электронской обработке

При работе на электронных станках как и на любых электрических устройствах с повышенным напряжением, требуется принятие специальных мер защиты и предосторожности.

К числу таких мер относятся следующие:

1. Конструкция установки должна предусматривать невозможность прикосновения оператора одновременно к обоим находящимся под напряжением электродам. Для этого выступающие части инструмента должны быть защищены специальными приспособлениями (щитки и др.).

2. В случаях, когда питание установки производится от отдельного источника, недопустимо заземление какого-либо из его полюсов, чтобы не поставить установку под напряжение относительно земли.

3. Если питание установки производится от сетей постоянного тока с заземленным положительным полюсом, необходимо заземлять всю массу станка за исключением инструмента. Если заземлен отрицательный полюс, следует принимать специальные меры для изоляции и защиты полюсов участков (ванны и стола). Для этой цели на полу возле станка уклады-

вают резиновые коврики или деревянные решетки.

4. В установках должно предусматриваться устройство для закорачивания конденсаторов и снятия с них напряжения при любом отключении питания.

5. Пульт и станок должны иметь блокировку, отключающую напряжение при подъеме инструмента или при открывании дверей пульта.

6. При работе с керосином в качестве жидкой среды необходимо принимать меры противопожарной безопасности, т. е. ванна должна иметь крышки для закрытия при воспламенении, а также должны быть установлены сухие огнетушители и другие противопожарные средства.

7. Запрещается производить какие-либо ремонтные или проверочные работы на станке без отключения напряжения.

8. К работе на электронных установках допускаются лица, имеющие квалификацию электрослесаря не ниже 3—4-го разряда, сдавшие минимум по электронной обработке металлов, по технике безопасности, противопожарной безопасности и умеющие оказывать первую помощь пострадавшим от электрического тока.

9. Персонал, обслуживающий искровые станки, должен пройти специальный инструктаж по технике безопасности.

10. В помещении, где расположен электронный станок, во время его работы должно одновременно находиться не менее двух человек.

ТЕРМИЧЕСКАЯ И ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ

Термическая обработка сталей

Термической обработкой стали называется специальная тепловая обработка, приводящая к изменению ее физико-механических и физико-химических свойств, определяющих технологические и эксплуатационные свойства стальных заготовок и изделий. Это изменение свойств стали происходит в результате изменений ее структуры под действием разных температурных условий.

К процессам термобработки стали относятся отжиг (нормализация), закалка, отпуск и обработка холодом.

Каждый процесс термической обработки состоит из трех последовательных стадий: нагрева до заданной температуры с требуемой скоростью, выдержки при этой

температуре в течение требуемого времени и охлаждения с заданной скоростью*.

Процессы термообработки различаются между собой по температуре, до которой производится нагрев, и скорости нагрева до этой температуры, по продолжительности выдержки при заданной температуре и по скорости охлаждения стали после выдержки. Изменяя эти факторы, получают различные свойства стали.

Отжиг. Отжиг стали — процесс термообработки, приводящий к получению равновесного структурного состояния и к изменению величины зерна. В зависимости от исходного состояния стали и предъявляемых к ней требований применяется один из видов отжига — полный, неполный, низкотемпературный, диффузионный и рекристаллизационный отжиг.

Полный отжиг заключается в нагреве стали до температуры выше верхней критической точки, соответствующей окончанию процесса образования структуры

69. Условия охлаждения стальных изделий при отжиге

Характеристика отжигаемых изделий	Температура, до которой производится регулируемое охлаждение, в °С	Скорость охлаждения в град/час
Фасонное литье из углеродистых сталей	500—600	50—100
Фасонное литье из легированных сталей	500—600	20—60
Поковки и прокат из углеродистых сталей	600	100—200
Поковки и прокат из легированных сталей	500—600	50—70
Поковки из высоколегированных сталей	400—500	20—40

* Кроме процесса обработки холодом, который состоит из охлаждения до отрицательных температур, выдержки при этих температурах и нагрева до цеховой температуры.

аустенита при нагреве стали, на 30—50° С, выдержке при этой температуре и медленном охлаждении до 400—600° С (чаще всего с печью) с требуемой скоростью (табл. 69); дальнейшее охлаждение может осуществляться с большей скоростью.

Полный отжиг применяется преимущественно для стального фасонного литья, поковок и проката из углеродистой и легированной стали с содержанием 0,45—0,6% С, а также для сварных изделий. Температура отжига и получаемая твердость для некоторых конструкционных сталей приведены в табл. 70.

70. Температура полного отжига некоторых конструкционных сталей и получаемая твердость

Марка стали	Температура отжига в °С	Твердость НВ
40	840—860	≤ 197
Л45	840—850	170—207
50	810—830	179—228
45Г2	780—810	187—212
50Г	810—830	187—212
60Г	800—820	196—228
65Г	780—810	196—228
40Х	850—900	179—228
45Х	840—870	179—235
40СХ	870—900	241—269
ШХ12;	780—820	179—207
ШХ15		
40ХН	840—870	187—217
35ХМ	840—860	187—228
35ХГС	890—900	156—228
37ХН3А	840—860	≤ 228
Л35ХГС	890—920	156—228
45ХНМФА	880—900	≤ 235

Целью полного отжига стального фасонного литья и поковок является уменьшение или уничтожение внутренних напряжений, исправление структуры (уничтожение крупнозернистости и общей неоднородности стали), понижение твердости, улучшение обрабатываемости резанием и повышение относительного удлинения, сжатия и ударной вязкости; при этом понижаются предел прочности и предел текучести (табл. 71).

Поковки и штамповки и особенно стальное фасонное литье имеют крупнозернистую структуру, характерную для перегретой стали и резко отрицательно влияющую на пластичность и вязкость стали. Получение после полного отжига мелкозернистой структуры повышает указанные механические свойства стали (табл. 72).

Неполный отжиг — нагрев стали до температуры, превышающей нижнюю критическую точку, соответствующую началу превращения структуры перлита в аусте-

71. Влияние полного отжига на механические свойства горячедеформированной стали

Содержание углерода в стали в %	Состояние стали	Предел прочности σ_b в кг/мм ²	Удлинение δ в %	Сжатие ψ в %
0,43	После ковки	68	20	43
	После ковки и полного отжига . . .	58	22,5	57
0,56	После прокатки	71	15	38
	После прокатки и полного отжига	58,5	22,5	48
0,64	После ковки	98	15	47
	После ковки и полного отжига . . .	62	24	59,5
0,67	После штамповки	100	5	6,3
	После штамповки и полного отжига	75	22,5	61,5

72. Влияние полного отжига на перегретую углеродистую сталь 0,45% С [1]

Состояние стали	Механические свойства				
	Предел прочности σ_b в кг/мм ²	Предел текучести σ_T в кг/мм ²	Удлинение δ в %	Сжатие ψ в %	Ударная вязкость α_H в кг/см ²
Перегретая . . .	48	73	10	35	5
После полного отжига	43	70	18	55	8

нит при нагреве стали, выдержка при этой температуре и последующее медленное охлаждение.

В результате неполного отжига уменьшаются или снимаются внутренние напряжения, несколько понижается твердость стали и улучшается обрабатываемость резанием.

Неполный отжиг применяется для сталей с содержанием углерода 0,83—1,7% (азавтектоидные стали), а также для поковок или проката из сталей с содержанием углерода менее 0,83% (доэвтектоидные стали) в случае, когда основным требованием является снятие напряжений и понижение твердости.

Сфероидизация, являющаяся разновидностью неполного отжига, состоит в нагреве стали до температуры несколько выше нижней критической точки (для инструментальных сталей с содержанием углерода более 0,65% до 740—760° С), выдержке при этой температуре и последующем медленном охлаждении; применяется с целью снижения твердости для улучшения обрабатываемости резанием

главным образом инструментальных сталей.

Низкотемпературный отжиг (высокий отпуск) — нагрев стали до температуры несколько ниже нижней критической точки, выдержка при этой температуре и в зависимости от марки стали медленное или быстрое охлаждение. Целью низкотемпературного отжига является снятие внутренних напряжений (например, у сварных изделий) и снижение твердости для улучшения обрабатываемости резанием главным образом высоколегированных сталей (например, для сталей 12Х2Н4А, 20Х2Н4А и 18ХНВА низкотемпературный отжиг проводится при 650—670° С). Величина зерна стали при низкотемпературном отжиге не изменяется.

Диффузионный отжиг (гомогенизация) — нагрев стали до температуры значительно выше верхней критической точки (на 150—300° С, практически до 1050—1200° С), продолжительная выдержка при этой температуре (8—15 час.) и последующее медленное охлаждение. Целью диффузион-

73. Изменение прочности и пластичности стали при холодной деформации и рекристаллизационном отжиге

Марка стали	Состояние стали	Предел прочности σ_B в кг/мм ²	Удлинение δ в %	Сжатие ψ в %	Ударная вязкость a_K в кгм/см ²	Твердость H_B
20	Исходное — нормализация	≥ 40	≥ 25	—	—	—
	То же и наклепанная	50—85	4	—	—	—
	После наклепа и рекристаллизационного отжига	32—55	20	—	—	—
40	Исходное — нормализация	63	18	—	8	187
	То же и наклепанная (холоднотянутая)	87	5,5	—	2,8	241
	После наклепа и рекристаллизационного отжига	58	21	—	6,5	149
ШХ9	Исходное — отжиг	60—73	—	—	—	—
	То же и наклепанная (холоднотянутая)	110	—	30	—	—
	После наклепа и рекристаллизационного отжига	70	—	60	—	—

ного отжига является выравнивание химической неоднородности стали.

Этот вид отжига применяется главным образом для крупных стальных отливок и слитков из легированных сталей. Высокая температура нагрева и продолжительная выдержка приводят к увеличению размера зерна, поэтому после диффузионного отжига отливки для улучшения микроструктуры подвергают полному отжигу или нормализации.

Рекристаллизационный отжиг заключается в нагреве стали до температуры выше температуры рекристаллизации * на $150 \div 250^\circ \text{C}$, выдержке при этой температуре и последующем охлаждении. Температура рекристаллизации (по Бочвару) определяется по формуле $T_{\text{рек. абс}} = 0,4 T_{\text{пл. абс}}$, где $T_{\text{пл. абс}}$ — температура плавления абсолютная.

Для низкоуглеродистых сталей рекристаллизационный отжиг осуществляется при $680\text{—}700^\circ \text{C}$.

Рекристаллизационный отжиг применяется для деформированной в холодном состоянии и, следовательно, наклепанной (нагартванной) стали (холодноштампованные изделия, холодноотянутая проволока, холоднокатаный лист и лента).

Наклепанная сталь имеет вытянутые в направлении деформации зерна и обладает высокой прочностью, твердостью и хрупкостью при пониженной пластичности (табл. 73), что не позволяет вести дальнейшую холодную штамповку, холодную прокатку, волочение. Рекристаллизационный отжиг производят для восстановления исходной структуры и свойств стали; он обеспечивает получение равноосных недеформированных зерен, уменьшение твердости, снятие наклепа и внутренних напряжений, восстановление пластичности и вязкости для улучшения обрабатываемости при последующем холодном деформировании (табл. 73).

Нормализация производится путем нагрева стали до температуры выше верхней критической точки на $30\text{—}50^\circ \text{C}$, выдержки при этой температуре и, в отличие от полного отжига, охлаждения на спокойном воздухе. Целью нормализации является исправление структуры сварных швов, выравнивание структурной неоднородности поковок или отливок, получение мелкозернистой структуры и улучшение обрабатываемости резанием конструкционных углеродистых и легированных сталей с низким и средним содержанием углерода (например, стали марок 10, 15, 20, 30, 35, 40, 45, 50, 50Г2, 20Х, 20НМ, 18ХГТ, 18ХГМ, 12ХНЗ, 13Н2А, 12Х2Н4, 20Х2Н4, 20ХН3А, 40ХС, 40ХНМА и др.).

* Рекристаллизацией называется образование новых равноосных зерен при нагреве нагартванного (наклепанного) металла, имеющего вытянутые деформированные зерна.

74. Влияние нормализации на механические свойства горячедеформированной стали

Марка стали	Состояние стали	Предел прочности σ_B в кг/мм ²	Удлинение δ в %	Сжатие ψ в %	Ударная вязкость a_K в кгм/см ²	Твердость НБ
40	После прокатки	65	17	43	7	—
	То же и нормализация . .	60	18	47	—	—
50	После прокатки	74	14	35	4	<250
	То же и нормализация . .	65	26	40	—	164
20Г	После прокатки	57	23	—	22	166
	То же и нормализация . .	58	24	68—71	>25	159
50Г	Послековки	75—81	13—18	16—25	1,2—4,2	228
	То же и нормализация . .	69—72	20—23,5	33,5—43,5	4,5—6,0	187
15Х	После прокатки	51	25	73	13	156
	То же и нормализация . .	47	30	77	>13	143
40Х	После прокатки	73	16—19	67	—	217
	То же и нормализация . .	68	20	51—55	5,5	197—207

а также подготовка структуры к последующей закалке и улучшение механических свойств (табл. 74).

Нормализация применяется для получения мелкозернистой структуры сердцевины изделий после цементации с целью повышения механических свойств, а также для устранения хрупкости науглероженного слоя и предупреждения образования по этой причине трещин при закалке, шлифовании и эксплуатации деталей.

Для некоторых среднелегированных и высоколегированных конструкционных сталей в связи с получением после нормализации высокой твердости, вследствие частичной закалки, с целью улучшения обрабатываемости резанием применяется последующий высокий отпуск.

В табл. 75 приведены температуры нормализации и высокого отпуска для некоторых конструкционных сталей и полукаемая при этом твердость.

Нормализация стали по сравнению с полным отжигом обеспечивает получение более высоких механических свойств.

Механические свойства отожженной и нормализованной стали марок 40Х и 50 приведены в табл. 76.

Закалка. Закалка стали применяется для получения высокой твердости и прочности литых, кованых и штампованных деталей, для обеспечения высокой износоустойчивости и специальных физических

свойств. Закалка вызывает обычно снижение вязкости и пластичности. Поэтому после закалки следует отпуск стали, повышающий ее вязкость и пластичность.

75. Температура нормализации и высокого отпуска некоторых конструкционных сталей

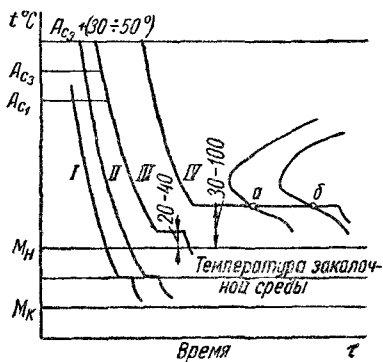
Марка стали	Температура нормализации в °С	Температура высокого отпуска в °С	Твердость НБ
10	910—930	—	<143
15		—	<156
20		890—910	170—207
35		870—890	179—228
45		850—880	183—235
50	890—920	840—870	<163
15Г		890—920	<163
20Г		880—910	<235
40Г		850—870	<241
50Г		840—860	<235
45Г2	830—850	550—610	146—207
20Х		830—910	149—187
20ХГ		860—880	157—207
18ХГТ		930—950	<207
40Х		850—870	149—179
20НМ	920—950	940—960	<228
12ХНЗ		870—900	217—285
20Х2Н4		920—950	<269
20ХНЗА		880—890	217—285
18ХНВА		920—950	196—241
35ХГ2	840—870	600—650	<228
40СХ		900—930	<228
40ХНМ		830—860	<217
35ХГС		840—870	650—680

76. Сравнение механических свойств стали в отожженном и нормализованном состоянии

Марка стали	Термообработка	Твердость H_B	Механические свойства				
			Предел прочности σ_B в кг/мм ²	Предел текучести σ_T в кг/мм ²	Удлинение δ в %	Сжатие ψ в %	Ударная вязкость A_K в кгМ/см ²
40X	Полный отжиг Нормализация	179—207	60—70	—	15—20	45—50	5—9
		207—217	73—78	—	14—18	48—54	6—8
50	Полный отжиг Нормализация	179—228	55—75	29	15	—	—
		187—235	63—80	34	11	—	5—6

В зависимости от типа стали и предъявляемых к ней требований применяется полная, неполная, изотермическая, ступенчатая и прерывистая закалка.

Полная закалка (фиг. 65, кривая *II*) заключается в нагреве стали до температуры выше верхней критической точки на 30—50° С для сталей с содержанием углерода до 0,83% (для сталей, содержащих 0,83—1,7% углерода, выше нижней критической точки на 30—50° С), выдержке при этой температуре и охлаждении с большой скоростью для получения чаще всего мартенситной структуры.



Фиг. 65. Схематические кривые охлаждения стали при закалке: *I* — неполной; *II* — полной; *III* — ступенчатой; *IV* — изотермической.

Практически применяемые температуры закалки (и отпуска) и получаемые при этом твердости для некоторых сталей приведены в табл. 77.

Полная закалка применяется для отливок, поковок и механически обработанных деталей с целью получения высоких твердости, предела прочности, предела текучести, предела усталости, удли-

ния, сжатия, ударной вязкости и высокой износоустойчивости.

В табл. 78 и 79 приведены механические свойства улучшаемых и цементуемых сталей после термообработки. Улучшаемые углеродистые и легированные стали подвергаются закалке и высокому отпуску; содержание углерода в этих сталях находится в пределах 0,35—0,6%. Содержание углерода в цементуемых сталях находится в пределах 0,1—0,30%.

В качестве закалочных сред наиболее часто применяется — вода, водные растворы каустической соды NaOH и поваренной соли NaCl, а также масла — индустриального 12, 20, 30, 45 и 50. Температура вспышки масел в открытом тигле должна быть для индустриального 12 не ниже 165° С, индустриального 20—170° С, индустриального 30—180° С, индустриального 45—190° С и индустриального 50—200° С. Расход масел составляет 0,75—1,5% веса закаливаемых деталей.

Неполная закалка — нагрев стали до температуры выше нижней, но ниже верхней критической точки, выдержка при этой температуре и охлаждение с большой скоростью; применяется преимущественно для инструментальных сталей с содержанием углерода более 0,8%.

Изотермическая закалка — нагрев стали до температуры на 30—50° С выше верхней критической точки, выдержка при этой температуре и охлаждение в среде, имеющей температуру на 30—100° С выше температуры начала мартенситного превращения (кривая *IV* на фиг. 65). Выдержка при этой температуре приводит к полному превращению аустенита (в интервале *a—б*) с получением твердости в пределах $R_{\approx} \approx 40 \div 50$. Применение отпуска после изотермической закалки необязательно.

77. Температура закалки и отпуска и получаемые твердости для некоторых сталей

Марка стали	Закалка				Отпуск		Твердость		
	с нагревом до температуры в °С (после цементации)	непосредственная послецианирования при температуре в °С	объемная при температуре в °С	охлаждающая среда	температура в °С	охлаждающая среда	сердцевины		поверхности
							H_B	R_C	R_C
10; 15	790—820 —	— 820—860	— —	Вода "	170—200 160—200	— —	— —	≤30 ≤30	≥56 ≥56
20	780—810 —	— 820—850	— —	" "	170—200 160—200	— —	— —	≤30 ≤30	≥56 ≥56
35	— — —	— 810—850 —	— — 830—850	" " "	220—300 130—200 550—600	— — —	282—368 — —	— — 25—30	— — ≥56
40	— —	— —	850—860 —	Масло	400—420 650—660	— —	— —	33—43 24—28	Для деталей малого сечения
	—	—	820—840	Вода	280—320 300—400 400—450 510—550	— — — —	375—477 364—444 321—415 241—286	— — — —	— — — —
	—	—	820—840	Вода	540—580 580—640 660—680	— — —	228—269 192—223 187—223	— — —	— — —
	—	—	850—860	Масло	400—420 630—650	— —	— —	33—42 13—26	Для деталей малого сечения
	—	—	810—840	Вода	200—240 420—460 460—500 510—550 540—580 600—630	— — — — — —	444—515 302—363 285—321 255—302 228—265 217—265	— — — — — —	— — — — — —
	—	—	810—840	Вода	200—240 420—460 460—500 510—550 540—580 600—630	— — — — — —	444—515 302—363 285—321 255—302 228—265 217—265	— — — — — —	— — — — — —

Марка стали	Закалка				Отпуск		Твердость		
	с нагревом до температуры в °С (после цементации)	непосредственная послецианирования при температуре в °С	объемная при температуре в °С	охлаждающая среда	температура в °С	охлаждающая среда	сердцевинные		поверхности
							H_B	R_C	R_C
50	—	—	840—850	Масло	290—310	—	—	48—52	Для деталей малого сечения
	—	—	810—830	Вода	450 550 650	— — —	~ 269 ~ 248 ~ 228	— — —	— — —
	—	—	780—800	Масло	300—310 340—380 480—520 520—580 560—600	— — — — —	— — — — —	50—55 47—53 38—48 30—43 26—33	Для деталей малого сечения
20Г	790—810	—	—	Масло	180—200	—	—	—	56—62
50Г	—	—	810—840	Масло	180—200 380—440 550—600	— — —	— — —	≥ 50 40—48 24—30	— — —
	—	—	830—850	Вода	550—600	—	241—286	—	Для деталей сечением > 80 мм
60Г	—	—	800—820	Масло	420—470	—	341—401	—	—
					480—530	—	269—321	—	—
					560—600	—	241—255	—	—
					650—680	—	179—229	—	—
65Г	—	—	790—810	Масло	300—350	—	—	48—54	—
					370—410	—	—	40—50	—
					420—450	—	—	33—45	—
					510—530	—	—	36—44	—
55С2	—	—	900—940	Масло	400—450 600—620	— —	— 353—415	43—48 —	— —

Марка стали	Закалка				Отпуск		Твердость		
	с нагревом до температуры в °С (после цементации)	непосредственная после закалки температура в °С	объемная при температуре в °С	охлаждающая среда	температура в °С	охлаждающая среда	сердцевины		поверхности
							H _B	R _C	R _C
45Г2	—	—	830—850	Масло	290—310 390—410 490—520 550—600 620—650	— — — — —	~447 ~401 ~321 250—311 228—302	— — — — —	— — — — —
20X	800—830	—	—	Масло	180—200	—	—	20—32	57—63
40X	—	820—830	—	Масло	180—200	—	—	—	48—56
	—	—	820—830	Вода	580—600	Вода	~302	—	Поковки
	—	—	840—860	Масло	180—200 350—400 550—600 600—650	Вода	— — 240—315 269—302	46—53 35—40 — —	— — — —
	—	—	830—850	Масло	480—490 580—620 600—650	Вода	302—341 255—285 ≥241	— — —	— — —
50XФА	—	—	850—870	Масло	430—450	—	—	40—47	—
35XM	—	—	820—860	Масло	180—200 580—620	— —	— 241—285	48—53 —	— —
18XГТ	830—850 (после подступ- живания)	—	—	Масло	200—220	—	332—375	—	36—62
20XH	790—820	—	—	Масло	180—200	—	—	—	36—62
40XH	—	—	820—840	Масло	550—600 600—650	— —	255—286 230—260	— —	— —
	—	810—830	—	Масло	190—200	—	—	—	50—54

Продолжение табл. 7

Марка стали	Закалка				Отпуск		Твердость		
	с нагревом до температуры в °С (после цементации)	непосредственная после цинирования при температуре в °С	объемная при температуре в °С	охлаждающая среда	температура в °С	охлаждающая среда	сердцевины		поверхности
							H_B	R_C	R_C
12Х2Н4 20Х2Н4	790—810	—	—	Масло	160—180	—	—	32—48	≥ 58
37ХС (40СХ)	—	—	880—900	Масло	280—320 430—470 580—620 650—680	Вода	— — — —	47—53 33—43 33—37 20—30	— — — —
35ХГС	—	—	870—890	Масло	200—250 270—290 520—540 640—660	Вода	— 444—555 321—388 ≥ 235	46—53 — — —	— — — —
12ХН3	770—800	—	—	Масло	180—200	—	—	26—46	56—62
37ХН3	—	—	820—840	Масло	200—220 525—575	— —	— 321—387	45—52 35—40	— —
18ХНВА	790—810	—	—	Масло	150—170	—	—	35—49	≥ 56
	—	—	850—870	Масло или воздух	180—200	—	311—387	—	—
	—	—	850—870	Масло	550—560	—	241—285	—	—
45ХНМФА	—	—	860—880	Масло	390—420 460—480 550—600 600—650	— — — —	415—477 388—444 321—363 260—321	— — — —	— — — —
ШХ12 ШХ15	—	—	830—855	Масло	160—180 180—220	— —	— —	61—65 59—63	— —
	—	—	860—870	Керосин	160—170	—	—	61—65	Крупные детали

78. Механические свойства поковок из углеродистой и легированной стали после улучшения

Марка стали	Закалка		Отпуск		Механические свойства не менее					Твердость НВ	Диаметр или толщина поковок в мм
	Температура в °С	Охлаждающая среда	Температура в °С	Охлаждающая среда	Предел прочности σ_B в кг/мм ²	Предел текучести σ_T в кг/мм ²	Удлинение δ в %	Сжатие ψ в %	Ударная вязкость α_H в кг/м/см ²		
40	830—850	Вода	580—630	Воздух	60	32	18	40	5,0	192—228	До 100
45	820—850	"	580—640	"	65	35	17	38	4,5	192—235	" 100
50	820—840	"	560—620	"	70—80	37—42	15—17	40—45	4,0—5,0	212—235	" 80
35Г2	800—820	"	610—640	Вода	80	65	16	50	6,0	255—302	" 60
45Г2	830—850	Масло	560—600	"	85	70	13	45	4,5	269—321	" 60
50Г	820—840	"	550—600	Воздух	80	55	8	40	3,5	241—285	" 60
50С2Г	820—840	"	500—550	Вода	80	45	12	35	4,0	>241	" 100
35Х	840—860	"	610—630	"	65	45	14	45	5,0	>187	" 100
35ХГ2	810—830	"	620—660	"	85	70	12	45	8,0	235—269	" 60
27СГ	920	Вода	420	"	100	80	12	40	5,0	—	" 25
35СГ	900	"	590	"	85	65	15	40	6,0	—	" 25
35ХГС	860—880	Масло	500	"	100	75	7	45	6,0	>285	" 60
33ХСМ	880—890	Вода	580—650	Воздух	90	75	10	45	6,0	>255	" 60
35ХНМ	860—880	Масло	620—650	"	70	50	15	40	6,0	>217	100—300
40ХФ	870—890	"	630—660	Вода	90	75	10	50	9,0	>269	До 60
45ХНМФ	860—880	"	550—600	Воздух	105	90	9	40	5,0	321—363	" 100
38ХМЮ	930—950	"	600—670	Вода	100	85	15	50	9,0	>266	" 60
25ХНВА	850	"	560	Воздух	110	95	11	45	9,0	—	" 25
40Х	830—850	"	540—570	Вода	78	55	12	40	4,0	>330	" 100
45Х	820—840	"	600—650	"	85	65	10	45	5,0	>241	" 100
35СГ	890—910	Вода	580—620	"	85	65	15	40	6,0	>202	" 60
37ХС (40СХ)	880—900	Масло	600—650	"	100	80	12	40	6,0	272—302	" 60
40ХС	910—930	"	600—650	"	90	70	12	45	6,0	264—269	" 80
37ХНЗ	810—830	"	550—580	Масло	110	100	10	50	7,0	330—418	" 60
40ХН	820—840	"	600—650	Вода или масло	85	65	13	45	8,0	230—260	" 100
35ХМ	850—870	Вода или масло	600—640	Вода	70	50	15	40	6,0	>235	" 100
40ХГ	860—880	Масло	550—600	"	100	80	10	45	6,0	272—302	" 60

79. Механические свойства сердцевины некоторых цементуемых сталей после заковки и низкотемпературного отпуска

Марка стали	Термообработка			Механические свойства не менее					
	Закалка		Отпуск в °C	Предел прочности σ_B в кг/мм ²	Предел текучести σ_T в кг/мм ²	Удлинение δ в %	Сжатие ϕ в %	Ударная вязкость α_H в кг м/см ²	Твердость НВ
	Температура в °C	Среда							
10	780—800	Вода	180—200	40	25	25	55	—	137
20	780—800	Масло	180—200	50—60	28—35	18	45	—	145—160
15Г	780—800	Масло	180—200	50	30	17	45	—	140—160
15Х	780—800	Масло	180—200	62	38	15	45	—	179
20Х	780—800	Масло	180—200	65	40	13	40	—	197
20ХГ	800—820	Масло	180—200	80	60	10	40	—	229
15ХФ	780—800	Масло	190—210	80	60	9	50	—	241—255
18ХГМ	820—830	Масло	190—210	110	90	7	50	—	285—388
18ХГТ	800—820	Масло	180—200	115	95	10	50	—	332—375
13Н2А	800—870	Масло	160—180	60	40	15	50	—	180—302
15НМ	780—800	Масло	190—210	85	75	10	50	—	241—255
12Н2	780—800	Масло	180—200	80	60	12	50	—	229
12Н3	780—800	Масло	180—200	85	70	10	50	—	241
20ХН3А	800	Масло	180—200	—	—	—	—	10—13,7	383—398
12Х2Н4А	780—800	Масло	160—180	100—130	80—110	10—9	55—45	10—8	321—426
20Х2Н4А	780—800	Масло	160—180	125—145	115	7	45	8	321—444
				145—160	130	7	40	7	
18ХНВА	810—820	Масло	160—180	115	85	11	50	12	331—444

Изотермическая закалка применяется для деталей из высокоуглеродистых и легированных сталей марок 85, 65Г, 60С2А, 50ХФА, 30ХГС, 37ХС и др. с целью уменьшения деформаций и получения высокой твердости и прочности при повышенной вязкости.

В качестве закалочной среды (чаще всего с температурой 250—350° С) при изотермической закалке применяются соляные ванны с низкой температурой плавления (120—220° С).

При нагреве деталей под закалку в соляных ваннах или печах с контролируемой атмосферой с целью получения светлой поверхности в качестве закалочной среды следует применять соли КОН, NaOH или их смеси. Раскисление ванн должно производиться желтой кровяной солью (0,2—0,3% веса солей в тигле, 2—3 раза в смену). Этот метод, предложенный Волковым и Садовским, известен под названием светлой изотермической заковки и с успехом применяется для тонкостенных и малого сечения деталей (например, дисков, колец, пружин, болтов, валиков, втулок), изготовленных из сталей марок 85, 65Г, 35ХГС и др., а также для инструментов.

После заковки в щелочных средах во избежание коррозии изделий их после промывки в горячей воде необходимо подвергать пассивированию в 3—5%-ном водном растворе NaNO_2 (температура раствора 70—80° С) с последующей сушкой при 90—120° С в сушильном шкафу.

Сравнительные данные, приведенные в табл. 80, показывают преимущества изотермической (светлой) заковки перед обычной (уменьшение деформаций, высокие механические свойства, исключение операций отпуска и очистки деталей).

Для охлаждения в среде с температурой 150—250° С при изотермической закалке наряду с расплавленными солями применяются также горячие масла, имеющие достаточно высокую температуру вспышки (табл. 81).

Ступенчатая закалка — нагрев стали до температуры на 30—50° С выше верхней критической точки, выдержка при этой температуре, охлаждение в среде, имеющей температуру на 20—40° С выше температуры начала мартенситного превращения (кривая III, на фиг. 65), выдержка в ней для выравнивания температуры по всему сечению детали и окончательное охлаждение на воздухе или в масле.

80. Сравнение результатов обычной и изотермической заковки некоторых сталей

Марка стали	Обычная термообработка								Изотермическая заковка (светлая)						
	Заковка		Температура отпуса в °С	Коробление по плоскости в мм	Твердость R_C	Предел прочности σ_B в кг/мм ²	Удлинение δ в %	Сжатие ψ в %	Заковка		Коробление по плоскости в мм	Твердость R_C	Предел прочности σ_B в кг/мм ²	Удлинение δ в %	Сжатие ψ в %
	Температура в °С	Охлаждение							Температура в °С	Охлаждающая среда и температура в °С					
85	790—810	Масло	470—560	—	37—42	—	—	—	790—810	Щелочь 360—370	—	33—42	138—149	—	18—20
			380	—	—	115	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	790—810	"	560—600	1,7—4,0	28—35	—	—	—	800	Щелочь 430 *	0,6—0,65	35—39	—	—	—
65Г	800	"	380	—	—	170	—	—	800—820	Щелочь 320—330	—	40—46	117—183	—	45—55
	800	"	<10	1,0—1,2	39—46	—	—	—	800—820	Щелочь 320—330	До 0,11	44—51	—	—	—
			430	1,0—1,2	33—44	—	—	—		Щелочь 345—355	" 0,14	39—46	—	—	—
50ХФА	860	"	350—400	—	40—47	>150	>5	>25	880—890	Щелочь 320	—	41—45	178—182	6—7	45
60С2А	870—880	"	450—460	—	44—45	>140	>5	>25	870	Щелочь 320	—	40—46	175—190	—	—
37ХС	960	"	—	—	40—45	129	12,9 ударная вязкость $a_H = 4,5$ кгм/см ²	52	890	Щелочь 350—370	—	40—45	145—148	14 ударная вязкость $a_H = 8,5 \div 9,5$ кгм/см ²	52—53
30ХГСА	880—890	"	610	—	28—35	—	—	—	890	Щелочь 460—480*	—	30—34	115	—	—

* Для деталей, не подвергающихся ударным нагрузкам в эксплуатации.

81. Характеристика масел, применяемых для охлаждения при ступенчатой закалке и для низкого отпуска

Свойства	Варор	Цилиндровое 6	Цилиндровое 24 (вискозин)
Вязкость условная при 100° С (ВУ)	5,5—7,5	4,5—6,0	3,0—4,0
Температура вспышки по Бренкену в °С не ниже	310	300	240
Температура применения в °С.	До 250	До 250	До 180

После ступенчатой закалки для получения требуемых механических свойств необходим отпуск.

Основной целью ступенчатой закалки является уменьшение деформации деталей (и инструментов) сложной конфигурации и тонкостенных деталей (например, диски, шестерни, валики, пальцы), изготовленных из углеродистых и легированных сталей. Особенно эффективна ступенчатая закалка для уменьшения деформаций при ее применении взамен обычной закалки в воде.

Поверхностная закалка — местный нагрев с большой скоростью и охлаждение поверхностного слоя стальной детали с получением закаленного слоя определенной глубины при незакаленной сердцевины детали.

Применяется с целью получения высокой твердости и прочности поверхностного слоя, высокой износостойкости и усталостной прочности для ряда различных деталей машин (зубья шестерен, шейки коленчатых валов, шейки осей и валов, рабочие поверхности роликов, бандажей, кулачков, эксцентриков, копиров, регулировочных болтов, шаровых пальцев, шпиндели, направляющие станков, детали молотов, ковочных машин, прессов и др. оборудования)*.

Для деталей, подвергающихся поверхностной закалке, применяются главным образом углеродистые стали марок 40, 45 и 50 и легированные стали марок 40Х, 40ХН, 40Г, 50Г, 45Г2, 37ХН3А и др.

Характеристика методов поверхностной закалки приведена в табл. 82.

Наибольшее распространение получили методы поверхностной закалки с нагревом токами высокой частоты и газокислородным пламенем.

Поверхностная закалка с нагревом т. в. ч. в сравнении с другими методами обладает значительными преимуществами, основными из которых являются снижение себестоимости и резкое уменьшение продолжительности термообработки, уменьшение деформации, получение чистой, без окалины, поверхности деталей, возможность механизации и автоматизации процесса закалки, контроля температуры и включения закалочных агрегатов в поточные линии механической обработки деталей.

Нагрев т. в. ч. основан на следующем. При пропускании по проводнику малого сечения — индуктору переменного тока высокой частоты** вокруг проводника (индуктора) создается переменное магнитное поле; в обрабатываемой детали, помещенной внутри индуктора, возбуждается индуктированный (вихревой) ток, который вызывает нагрев детали. Индуктированный ток концентрируется в поверхностном слое детали, и чем больше частота подводимого тока, тем меньше глубина проникновения тока.

При индукционном нагреве тепло возникает в самой детали. Это позволяет получать очень высокие скорости поверхностного нагрева детали до требуемых температур закалки, превышающих верхнюю критическую точку на 50—120° С. Нагретая таким образом деталь охлаждается водой или другим охладителем, в результате чего происходит закалка поверхностного слоя определенной глубины.

Основными факторами, определяющими глубину и качество закаленного слоя при выбранной частоте и плотности тока, являются температура и скорость нагрева; при этом чем меньше скорость нагрева и выше температура нагрева, тем больше глубина закаленного слоя.

** Практически от 10³ до 10⁴ гц при машинных генераторах и от 150 до 250 кГц при ламповых генераторах.

* О применении поверхностной закалки для повышения износостойкости направляющих станин станков см. на стр. 786.

82. Характеристика методов поверхностной закалки

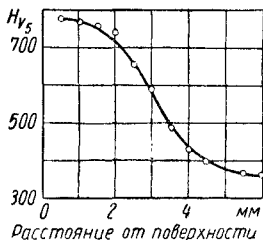
Метод поверхностной закалки	Нагрев	Охлаждение	Глубина закаленного слоя в мм	Недостатки метода	Применимость метода
При сквозном (объемном) нагреве и поверхностном охлаждении	Объемный нагрев в печах до верхней критической точки $A_{c3} + 30 - 50^\circ \text{C}$	В резко закалывающем охладителе (3—7%-ном водном растворе NaOH с температурой $25 - 35^\circ \text{C}$), выдержка в течение 5—50 сек.	2—5	1. Трудность получения стабильной глубины закаленного слоя, благодаря резкому влиянию температуры нагрева под закалку, температуры охлаждающей жидкости, времени выдержки детали в охлаждающей жидкости и прокаливаемости стали 2. Необходимость применения закалочных машин с вращением деталей во время их закалки в зажатом состоянии	Имеет очень ограниченное применение для тел вращения (коленчатые валы, распределительные валы, оси и др.)
При поверхностном нагреве в свинцовых ваннах	Объемный нагрев в печах до температуры ниже верхней критической точки A_{c3} с последующим быстрым поверхностным нагревом в свинцовой ванне, перегретой до температуры значительно выше верхней критической точки A_{c3}	Обычное — в воде или в масле	1,0—2,0	1. Необходимость наличия тепловых агрегатов для подогрева и нагрева деталей 2. Дефицитность свинца 3. Испарение и окисление свинца из-за высокой температуры ванны (до 950°C) и потери свинца при уносе с деталями 4. Трудность получения стабильной глубины закаленного слоя	Имеет очень ограниченное применение (например, для шестерен и валков малого сечения)
При электронагреве в электролите (метод Ясногородского)	Поверхностный нагрев в электролите (водный 5—10%-ный раствор Na_2CO_3 или других солей) при постоянном токе 200—250 а, от 2 до 20 а (плотность тока 3—7 а/см ²); температура электролита 20—60° С	В этом же электролите после отключения тока или в баке с водой или маслом	1,5—5,0	Трудность контроля и регулирования температур и связанное с этим получение перегрева закаленного слоя	Имеет ограниченное применение (для деталей простой конфигурации — валков, пальцев, осей и др.)

Метод поверхностной закалки	Нагрев	Охлаждение	Глубина закаленного слоя в мм	Недостатки метода	Применимость метода
При контактном электронагреве (метод Гевеллинга)	Поверхностный нагрев за счет тепла, выделяемого при контактном электронагреве переменным током 50 гц, 2—8 в; электроды — медные ролики, катящиеся по поверхности детали со скоростью 2—10 мм/сек (практически 3—6 мм/сек)	При помощи душающего устройства водой или за счет внутренней ненагреваемой части металла (сердцевины)	1,5—6,0	1. Малая производительность 2. Получение нечистой (вмятины, прижоги) поверхности 3. Наличие полоски отпуска	Имеет очень ограниченное применение (для валов, осей, шпинделей большого сечения)
При нагреве газокислородным пламенем	Поверхностный нагрев при помощи горелки, работающей на газокислородном пламени (в качестве горючего применяются ацетилен, светильный газ, генераторный газ, природный газ, пары керосина и др.) Основные способы закалки аналогичны высокотемпературной закалке	При помощи душающего устройства (закалывающая жидкость — вода)	2,0—6,0	При недостаточном контроле температур получение перегрева закаленного слоя	Имеет широкое применение (для зубьев крупных шестерен, валов и осей большого сечения, рабочих плоскостей крупных деталей и др.)
При электронагреве токами высокой и повышенной частоты (метод В. П. Володина)	Индукционный поверхностный нагрев при помощи индукторов Основные способы закалки: а) одновременный нагрев и закалка обрабатываемой поверхности (для небольших поверхностей) при неподвижной детали или при ее вращении; б) непрерывно-последовательные нагрев и закалка обрабатываемой поверхности (зубья крупных шестерен, валы, оси, направляющие станков и др.) с перемещением индуктора по отношению к детали или детали к индуктору; в) последовательные нагрев и закалка отдельных частей детали (зубья крупных шестерен, шейки больших валов)	При помощи душающего устройства (закалывающая жидкость — вода, эмульсия, водовоздушная смесь) или погружение в бак с маслом	0,3—8,0	—	Имеет очень широкое применение для различных деталей в машиностроении (крупные, средние и мелкие шестерни, оси, валы, шпиндели, валики, ходовые винты, планки, направляющие станков, стопорные и упорные кольца, упоры, головки болтов, кулачки, муфты, втулки, кольца, гайки, роторы гидронасосов и др.)

83. Характеристика высокочастотной закалки некоторых деталей

Наименование деталей	Марка стали	Места, подвергаемые поверхностной закалке	Предварительная термообработка	Генератор	Мощность в кВт	Частота в гц	Нагрев и охлаждение	Глубина закаленного слоя в мм	Низкий отпуск в °С	Поверхностная твердость R_C
Валы гладкие	45	Рабочая поверхность по длине вала $d = 100$ мм	Улучшение, $H_B = 255 \div 300$	Ламповый	90	$3 \cdot 10^5$	Непрерывно-последовательный при вращении вала; душевое, вода	1,9—2,1	230—250	52—55
Валы коленчатые	45	Шейки $d = 70 \div 85$ мм	Улучшение, $H_B = 217 \div 255$	Машинный	150—300	2000—3000	Последовательный каждой шейки при вращении вала; душевое, вода	3,0—6,0	180—220	50—55
Гильзы	Чугун	Внутренняя рабочая поверхность $d = 200$ мм	Улучшение, $H_B = 241 \div 286$	"	500	9600	Непрерывно-последовательный при вращении гильзы, душевое, вода	1,6—2,0	180—200	46—55
Шестерни ($d = 800$ мм, $l = 200$ мм, $M = 10$)	45	Контур зубьев и впадин	Улучшение, $H_B = 241 \div 286$; перед высокочастотной закалкой подогрев до 300° С в печи	"	500	9600	Одновременный; душевое, вода	2,5—4,0	170—190	54—57
Шестерни ($d = 300$ мм, $l = 60$ мм, $M = 4,2$)	40X	Зубья, сквозная	—	Ламповый	100	$3 \cdot 10^5$	„Зуб за зубом“; душевое, эмульсия	0,9—1,1	180—200	48—53
Шестерни ($d = 150$ мм, $l = 40$ мм, $M = 4,3$)	45	То же	—	Машинный	60	8000	Одновременный; погружение в воду	1,0—1,2	230—250	52—55
Шестерни ($d = 450$ мм, $l = 120$ мм, $M = 10$)	40X	Контур зубьев и впадин	Улучшение	"	100	8000	„Зуб за зубом“ (специальный индуктор); душевое, эмульсия	2,5—4,0	130—200	50—56

Стальные детали, нагретые т. в. ч. и подвергнутые закалке, по сравнению с деталями, закаленными обычным способом (нагрев в печи), имеют повышенную на 2—4 единицы твердость (по Роквеллу, шкала С), более высокую износоустойчивость и прочность и значительно меньшие деформации.



Фиг. 66. Твердость поверхностного слоя стали 40X, закаленного с нагревом т. в. ч. (скорость нагрева 315°/сек).

Распределение твердости по глубине закаленного с нагревом т. в. ч. слоя стали 40X приведено на фиг. 66. После высокочастотной закалики следует низкий отпуск, который часто заменяется самоотпуском, осуществляемым за счет тепла, сохраняющегося в детали при прекращении охлаждения нагретой детали.

В табл. 83 приведены характеристики высокочастотной закалики некоторых деталей.

В табл. 84 и 85 приведены данные о повышении усталостной прочности и износоустойчивости сталей при их поверхностной закалке с нагревом т. в. ч.

В табл. 86 приведены характеристики высокочастотных машинных и ламповых генераторов, выпускаемых отечественной промышленностью для поверхностного нагрева под закалку.

Поверхностная закалка с нагревом газокислородным пламенем (пламенная поверхностная закалка) может иметь широкое применение в ремонтном деле для различных крупных стальных и чугунных деталей молотов, прессов, станков, кованных машин, литейного и другого оборудования как наиболее простой и доступный метод, не требующий наличия дорогостоящих установок. Для закалики с нагревом кислородно-ацетиленовым пламенем необходимы ацетиленовый генератор, баллоны с кислородом, закалочные горелки, контрольные и измерительные приборы.

Сущность метода состоит в местном поверхностном нагреве детали с большой скоростью до температуры выше верхней критической точки на 80—100° С и в по-

84. Влияние высокочастотной поверхностной закалики на усталостную прочность конструкционных сталей [3]

Марка стали	Термообработка	Глубина закаленного слоя в мм		Предел усталости в кг/мм ²
		в цилиндрической части образца	в опасном сечении образца	
40X	Без закалики	—	—	20
	Объемная закалка и высокий отпуск	—	—	24
	Высокочастотная закалка и отпуск при 200—220° С	0,6	0,2	29
	То же	0,9	0,4	32
	"	1,5	0,7	43
	"	2,1	1,8	63
50	Объемная закалка и высокий отпуск	—	—	40,7
	То же и высокочастотная закалка	—	—	57,8
40	Нормализация	—	—	29
	Высокочастотная закалка и отпуск 200° С	1,5	—	44,3
	То же	2,5	—	36,7
	Объемная закалка и высокий отпуск	—	—	41,8
	То же + высокочастотная закалка + + отпуск 200° С	1,5	—	40
	То же	2,5	—	36,5

85. Влияние высокочастотной поверхностной заделки на износостойчивость конструктивных сталей (износ при объемной заделке принят за 100%) (А. Гардин)

Марка сталей	Поверхностная заделка с нагревом т. в. ч.		Объемная заделка с нагревом в свинцовой ванне		Износ детали (при заделке с нагревом т. в. ч.) в %
	Твердость R_C	Износ в $\Gamma/\text{км} \cdot 10^{-7}$	Твердость R_C	Износ в $\Gamma/\text{км} \cdot 10^{-7}$	
45X	56—57	3,07	56—58	3,93	78
35Г2	46—48	13,78	45—47	38,94	35
37ХН3	52—53	3,7	52—53	4,37	84

Примечание. Испытание проведено на машине Амслера при нагрузке 50 кГ на пути 4000 м (без смазки).

86. Высокочастотные установки для поверхностной заделки

Тип установки	Характеристика			Тип установки	Характеристика		
	мощность в <i>квт</i>		Частота генератора в <i>гц</i>		мощность (макс.) в <i>квт</i>		Рабочая частота в <i>кгц</i>
	двигателя	генератора активная			потребляе- мая от сети	колеба- тельная	
С машинными генераторами				С ламповыми генераторами			
МГЗ-52	60	50	2500	ЛГЗ-30	50	30	200
МГЗ-102	125	100	2500	ЛГЗ-60	100	60	200
МГЗ-108	120	100	8000	ЛГЗ-100	180	100	200—250
ОКБ-337	700	500	1000	ЛГЗ-200	350	200	200—250
МГЗ-252	350	250	2500				
МГЗ-502	700	500	2500				

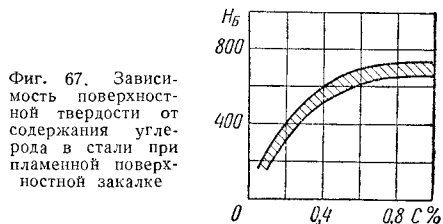
следующем быстром охлаждении, чаще всего водой из спрейера*, благодаря чему и получается поверхностный закаленный слой.

Закалка осуществляется с помощью газо-кислородной горелки, имеющей специальный наконечник, форма которого определяется конфигурацией подлежащего нагреву и заделке участка детали [4], [5], [6], [7].

Наиболее хорошие результаты по твердости и повышению износостойчивости деталей получаются при поверхностной заделке сталей с содержанием 0,35—0,7% С (фиг. 67). Распределение твердости и микроструктуры по глубине закаленного слоя стали 40 приведено на фиг. 68.

* Для легированных сталей, склонных к образованию трещин при заделке, применяется эмульсия.

Лучшим источником питания горелок ацетиленом являются баллоны, обеспечивающие постоянство условий процесса нагрева, безопасность в работе, удобство



Фиг. 67. Зависимость поверхностной твердости от содержания углерода в стали при пламенной поверхностной заделке

в обслуживании и занимающие минимальную площадь цеха. При их отсутствии пользуются ацетиленовыми генераторами. Характеристика применяющихся для этой цели генераторов высокого и среднего давления приведена в табл. 87.

87. Характеристика ацетиленовых генераторов, применяемых для поверхностного нагрева деталей под закалку

Тип генератора	Нормальная производительность в $\text{м}^3/\text{час}$	Давление газа в атм		Суммарный вес загружаемого карбида в кг	Расход воды на разложение 1 кг карбида в л	К. п. д. генератора в $\%$	Примечание
		в сети (рабочее)	в генераторе				
ГВР-1,25	1,25	0,15—0,3	До 0,7	4	4,0	86	Переносный генератор среднего давления
ГВР-3	3,0	0,15—0,30	„ 0,7	8	4,0	86	То же
ГРК-10	10,0	До 0,7	„ 1,5	40—50	5,0	93—95	Стационарный генератор высокого давления
ГРК-20	20,0	„ 0,7	„ 1,5	80—100	5,0	93—95	То же

88. Основные параметры поверхностной закалки с нагревом ацетилено-кислородным пламенем [4], [5]

Параметр	Способ поверхностной закалки	
	Одновременный нагрев и закалка	Непрерывно-последовательный нагрев и закалка
Расход ацетилена в $\text{л}/\text{час}$	$V_{\text{ац}} = 360 \frac{S}{\sqrt{\delta^3}}$	$V'_{\text{ац}} = 1900 \frac{l}{\sqrt{\delta^3}}$
Расход кислорода в $\text{л}/\text{час}$	$V_{\text{кисл}} = 450 \div 540 \frac{S}{\sqrt{\delta^3}}$ или $V_{\text{кисл}} = 1,25 \div 1,5 V_{\text{ац}}$	$V'_{\text{кисл}} = 2400 \div 2900 \frac{l}{\sqrt{\delta^3}}$ или $V'_{\text{кисл}} = 1,25 \div 1,5 V'_{\text{ац}}$
Удельный расход ацетилена в $\text{л}/\text{см}^2$	$\Delta V_{\text{ац}} = 0,7 \sqrt{\delta}$	$\Delta V'_{\text{ац}} = 0,45 \sqrt{\delta}$
Удельный расход кислорода в $\text{л}/\text{см}^2$	$\Delta V_{\text{кисл}} = 0,88 \div 1,05 \sqrt{\delta}$ или $\Delta V_{\text{кисл}} = 1,25 \div 1,5 \Delta V_{\text{ац}}$	$\Delta V'_{\text{кисл}} = 0,56 \div 0,7 \sqrt{\delta}$ или $\Delta V_{\text{кисл}} = 1,25 \div 1,5 \Delta V'_{\text{ац}}$
Выход ацетилена из 1 кг карбида кальция в л	230—300 в зависимости от содержания CaC_2 в техническом карбиде кальция и размеров его кусков	
Продолжительность нагрева в сек.	$\tau = 7\delta^2$	—
Скорость перемещения горелки относительно детали или детали относительно горелки в $\text{мм}/\text{сек}$	—	$P = \frac{12}{\delta^2}$

Примечание. S — нагреваемая поверхность в см^2 ; l — ширина нагреваемой зоны в см ; δ — глубина закаленного слоя в мм (при $\delta = 1,3 \div 3,0 \text{ мм}$).

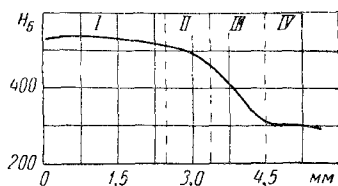
89. Режим поверхностной закалки деталей молотов с нагревом ацетилено-кислородным пламенем [7]

Наименование деталей молотов	Марка стали	Предварительная термообработка и твердость	Места, подвергающиеся поверхностной закалке	Глубина закаленного слоя в мм	Поверхностная твердость H_B	Скорость передвижения горелки в мм/мин	Продолжительность закалки в час.		Удельный расход карбона кальция в кг/ж. закашиваемой поверхности	Расход воды в л/мин
							одной детали	1 м ² закашиваемой поверхности		
Штамподержатели (кованные)	45	Объемная закалка и высокий отпуск с получением на опорной поверхности (под штампы) $H_B = 302 \div 340$ и на противоположной поверхности $H_B = 207 \div 228$	Опорная поверхность (под штампы), боковая поверхность, заплечики ласточкина хвоста (на ширине 100—120 мм)	4—6	512—555	80—100	Для молотов 1—2 т 1,5—2,0; для молотов 5—8 т 3,5—4,0	4,0	40,0	50,0
Бабы кованые, в отдельных случаях литые	45	Объемная закалка и высокий отпуск с получением на рабочей поверхности $H_B = 286 \div 321$ для молотов мощностью до 1 т и $H_B = 255 \div 286$ для молотов мощностью > 1 т; на нерабочей поверхности $H_B = 228 \div 286$	Опорная поверхность (для крепления хвостовика штампа), заплечики (на ширине 100—120 мм)	4—6	512—555	80—100	Для молотов 1 т 1,0; для молотов 8 т 2,0	4,0	40,0	50,0
Шаботы литые весом до 100—150 т	30	Нет	Опорные поверхности	5	418—430	50—80	Для молотов 1 т 2,5; для молотов 8 т до 9	—	—	—
Станины литые	30 или 35	Нет	Опорные поверхности, дно выточки, боковые поверхности выточки	5	418—430	50—80	—	—	—	—
Штоки	40ХН, 35ХМ, 30ХН3	Послековки нормализация; после обдирки закалка и высокий отпуск; $H_B = 228 \div 255$ при весе падающих частей до 2 т, $H_B = 207 \div 241$ при весе падающих частей более 3 т	Рабочая цилиндрическая поверхность (после механической обработки)	5—8	477—531 (после низкого отпуска)	—	—	—	—	—

90. Увеличение срока службы некоторых деталей оборудования при пламенной поверхностной закалке

Наименование деталей оборудования	Обычная термическая обработка		Кислородно-ацетиленовая поверхностная закалка	
	Вид термообработки	Стойкость в мес.	Вид термообработки	Стойкость в мес.
Штамподержатели паровоздушных молотов кованые (сталь 45)	Объемная закалка и отпуск; $H_B = 302 \div 340$ и $H_B = 207 \div 228$	2,0	Поверхностная закалка; $\delta = 4 \div 6$ мм; $H_B = 512 \div 555$	4,5—5,0
Бабы паровоздушных молотов кованые (сталь 45)	Объемная закалка и отпуск; $H_B = 286 \div 321$ и $H_B = 255 \div 286$	2,0—2,5	Поверхностная закалка; $\delta = 4 \div 6$ мм; $H_B = 512 \div 555$	4,0—5,0
Зубчатые венцы ходовых колес кранов литые (сталь Ст. 2)	Нет	10,0—12,0	Поверхностная закалка	35,0—40,0
Оси ходовых колес кранов (сталь Ст. 5)	"	12,0—14,0	То же	30,0—35,0
Эксцентрики прессов (сталь Ст. 7)	"	4,0	"	16,0—18,0
Валки коксодробилок литые (сталь Ст. 3)	"	1,0—2,0	"	4,0—6,0

Для поверхностного нагрева применяются нижекторные горелки, для которых используются ацетиленовые генераторы низкого или среднего давления (до 0,3 атм). При применении безнижекторных горелок используются генераторы



Фиг. 68. Твердость и микроструктура закаленного слоя стали 40: I и II — закаленная зона (мартенсит и троост-мартенсит); III — переходная зона (троостит и троост-сорбит); IV — сердцевина (перлит и феррит).

высокого давления (0,4—1,0 атм) или баллоны с растворенным ацетиленом.

В качестве установок для нагрева и поверхностной закалки крупных валов, осей и других тел вращения могут быть использованы токарные станки со специальными приспособлениями. В серийном производстве используются специальные установки СА-400 для закалки тел вращения и установки УЗШ-1 для закалки шестерен и др., а также установки ВНИИАвтогена.

ВНИИАвтогеном разработана керосино-кислородная закалочная горелка, предназначенная для закалки крупных и плоских деталей.

Основные параметры пламенной поверхностной закалки приведены в табл. 88.

В табл. 89 приведены режимы пламенной закалки крупных деталей молотов. Стойкость различных деталей оборудования машиностроительных заводов в результате применения пламенной поверхностной закалки увеличивается в несколько раз (табл. 90).

Отпуск. Отпуск — процесс термообработки предварительно закаленной стали, целью которого является повышение вязкости, уменьшение внутренних напряжений и хрупкости, улучшение обрабатываемости резанием.

Отпуск применяется после закалки (нормализации) стальных отливок, поковок, проката и механически обработанных деталей и осуществляется путем нагрева до температуры ниже интервала превращений, выдержки и последующего охлаждения.

По температуре нагрева отпуск подразделяется на высокий, средний и низкий.

Высокий отпуск — нагрев закаленной стали до температуры выше 500°, но ниже нижней критической точки (обычно 500—670°), выдержка при этой температуре и охлаждение. Замедленное охлаждение

хромистой, марганцевой, хромомарганцевой, кремнемарганцевой, хромоникелевой и хромокремнистой стали при высоком отпуске приводит к резкому снижению ударной вязкости, так как эти стали склонны к отпускной хрупкости. Увеличение скорости охлаждения повышает величину ударной вязкости.

Целью высокого отпуска является максимальное повышение пластических и вязких свойств при некотором понижении значений твердости, пределов прочности и текучести и уменьшение внутренних напряжений.

Высокий отпуск применяется главным образом для углеродистых и легированных улучшаемых сталей, механические свойства которых после улучшения (закалка и высокий отпуск) приведены в табл. 78.

После высокого отпуска закаленной конструкционной стали получается сорбитовая микроструктура.

Средний отпуск — нагрев закаленной стали до температуры в интервале 250—450°, выдержка при этой температуре и охлаждение. Средний отпуск обеспечивает уменьшение внутренних напряжений и получение повышенных пластических свойств при более высоких значениях твердости, пределов прочности и текучести, чем при высоком отпуске (см. данные для сталей 60Г, 65Г, 55С2 в табл. 77).

Применяется средний отпуск главным образом для пружинных деталей (пружины, рессорные листы).

Низкий отпуск — нагрев предварительно закаленной стали до температуры в интервале 140—230° С, выдержка при этой температуре и охлаждение с целью уменьшения внутренних напряжений и сохранения высоких значений твердости, пределов прочности и текучести при пониженных значениях вязкости.

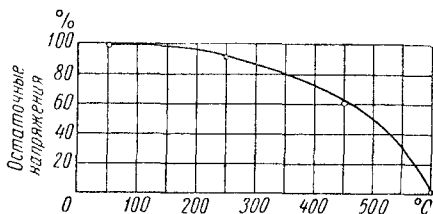
Этот вид отпуска применяется после закалки главным образом цементованных, цианированных, поверхностно закаленных и объемно закаленных деталей при требовании высокой поверхностной твердости и износостойчивости, а также для инструментов из углеродистой и легированной стали.

Старение. Старение (искусственное) — процесс термообработки, предназначенный для стабилизации размеров деталей.

Старение стальных закаленных деталей заключается в нагреве до 150—180° С и выдержке при этой температуре в течение 5—25 час.; применяется для точных деталей (например, для деталей дизель-

ной топливной аппаратуры) и измерительных инструментов.

Старение чугунных отливок (низкотемпературный отжиг), предназначенных для изготовления точных деталей и для отливок относительно сложной конфигурации (станины, суппорты, каретки, салазки станков, корпуса и крышки редукторов, рамы, корпуса коллекторов выхлопа и всасывания, головки и блоки цилиндров, поршни и др.), производится с



Фиг. 69. Влияние температуры нагрева при старении чугунных отливок на снятие остаточных напряжений.

целью снятия внутренних напряжений во избежание коробления и образования трещин при механической обработке и в эксплуатации этих отливок. Процесс состоит из медленного нагрева (70—170°/час) до 500—550° С, выдержки для полного прогрева отливок, медленного охлаждения (20—50°/час) до 250—150° С и дальнейшего охлаждения на воздухе. На фиг. 69 приведено влияние температуры нагрева при старении чугуна на снятие внутренних напряжений.

Применение температуры старения выше 550° С для чугунов не может быть рекомендовано, так как при температуре в интервале 550—600° С может начаться процесс графитизации, что является нежелательным.

Для чугунов, легированных Mn, или Ст, температура старения может быть повышена до 600° С.

Обработка при температуре ниже 0° С (обработка холодом) — процесс термообработки предварительно закаленной стали (или закаленной и отпущенной стали), предназначенный для повышения твердости и износостойчивости деталей, а также стойкости режущих инструментов за счет наиболее полного превращения остаточного аустенита в мартенсит. Применяется для деталей из высоколегированных сталей (12Х2Н4А, 20Х2Н4А, 18ХНВА) — после цементации и закалки, так как в закаленном науглероженном

91. Влияние обработки холодом на поверхностную твердость цементованных сталей и объемно-закаленной стали 40Х

Марка стали	Вид термообработки	Твердость поверхности R_C	Марка стали	Вид термообработки	Твердость поверхности R_C
18Х1ПВА	Цементация 900° С Закалка 800° С, масло	53	12ХНЗ	Цементация 900° С Закалка 790° С, масло	60—61
	То же и обработка холодом	62		То же и обработка холодом	63—65
29Х2Н4А	Цементация 900° С Закалка 800° С, масло	58	40Х	Закалка 840° С, масло Отпуск 200° С	50—51,5
	То же и обработка холодом	64		Закалка 840° С, масло Обработка холодом, отпуск 200° С	53—55

слое имеется остаточный аустенит, понижающий твердость, износостойчивость и усталостную прочность деталей (а также для инструментов, изготовленных из стали марок Р18 и Р9). В табл. 91 приведены данные по влиянию обработки холодом на твердость закаленных сталей.

Процесс обработки холодом состоит в погружении закаленных изделий в воздушную среду с температурой от -70° до -150° С, выдержке и естественном нагреве на воздухе до нормальной температуры.

Химико-термическая обработка сталей

Химико-термическая обработка стали обеспечивает изменение химического состава и свойств поверхностного слоя стали за счет его насыщения различными элементами из внешней среды. Химико-термическая обработка применяется с целью увеличения поверхностной твердости, износостойчивости, повышения усталостной прочности и придания жаростойкости и антикоррозионных свойств. К химико-термической обработке относятся процессы цементации, азотирования, цианирования, хромирования, алитирования, силицирования, борирования и др.

Цементация. Цементация (науглероживание) — процесс химико-термической обработки, приводящий к насыщению поверхностного слоя стали углеродом с целью получения после термообработки (закалки и низкотемпературного отпуска) науглероженных деталей, повышения твердости и прочности поверхностного слоя, износостойчивости и усталостной прочности деталей.

Цементация заключается в нагреве стальных деталей до температуры обычно

в пределах $900\text{—}940^\circ$ С в науглероживающей среде, выдержке при этой температуре в течение времени, необходимого для получения определенной глубины науглероженного слоя, и последующем медленном или быстром охлаждении.

В зависимости от характера науглероживающей среды различают цементацию твердым карбюризатором, жидкостную и газовую.

Глубина науглероженного слоя, степень насыщения его углеродом, распределение концентрации углерода по глубине слоя, распределение твердости по глубине слоя после закалки зависят от активности карбюризатора, температуры и продолжительности процесса. При этом чем выше температура процесса и чем больше его продолжительность, тем больше получаемая глубина науглероженного слоя.

Особенно резкое влияние на глубину науглероженного слоя оказывает температура процесса, что используется в практике для ускорения науглероживания.

Цементации подвергаются шестерни, пальцы и оси машин, валы и шпиндели станков, рычаги, валики, втулки и другие детали, изготавливаемые из углеродистой и легированной стали с содержанием углерода до 0,25—0,3%.

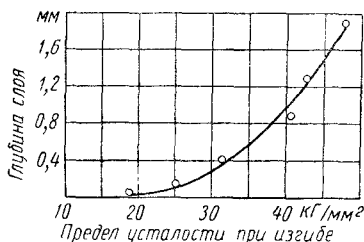
Кроме повышения износостойчивости, в результате цементации увеличивается также усталостная прочность деталей (в известных пределах тем больше, чем больше глубина цементованного слоя) (фиг. 70).

Упрочняющее действие цементации и уменьшение при этом чувствительности к концентраторам напряжений характеризуются данными, приведенными в табл. 92.

92. Влияние цементации на предел усталости стали для гладких и сверленных образцов ($d = 14$ мм)

Характеристика образца	Термообработка образца	Предел усталости в $\text{кг}/\text{мм}^2$	
		при изгибе	при кручении
Гладкий образец	Объемная закалка	62	25
То же	Цементация (глубина цементованного слоя 0,2 мм после шлифования); закалка	70	31,5
Образец с поперечным отверстием $d = 2$ мм	Объемная закалка	34	12
Образец с поперечным отверстием $d = 2$ мм, рассверленным до цементации	Цементация (глубина цементованного слоя 0,2 мм после шлифования; отверстие цементовано); закалка	4	29

Цементация твердым карбюризатором производится путем нагрева стальных деталей в твердом карбюризаторе, состоящем из вещества, содержащего углерод



Фиг. 70. Влияние глубины цементованного слоя на предел усталости стали (0,02% С).

(древесный уголь, каменноугольный полукокс, торфяной кокс), активизаторов (солей BaCO_3 , Na_2CO_3) и связующего (патока, крахмал, мазут).

Для цементации детали помещаются в ящики с рабочей смесью, состоящей из 15—30% свежего и 85—70% отработавшего карбюризатора.

При необходимости предохранения отдельных мест детали от цементации их изолируют при помощи омеднения или покрытия специальными пастами (табл. 93). В некоторых случаях такие места делаются с припуском, превышающим по величине глубину цементации, которая снимается перед закалкой путем механической обработки.

Жидкостная цементация осуществляется при нагреве стальных деталей в ванне, состоящей из смеси расплавленных солей, в состав которой входят науглероживающие соли (чаще всего NaCN или SiC), соли-активизаторы — BaCl_2 и нейтральные соли (NaCl , Na_2CO_3). Наиболее часто применяемые составы ванн для жидкостной цементации приведены в табл. 94.

Процесс жидкостной цементации отличается ускоренным науглероживанием, равномерностью нагрева деталей, легкостью осуществления непосредственной закалки (с подстукиванием или без него) и уменьшенными деформациями цементуемых деталей.

Газовая цементация производится путем нагрева стальных деталей в газовой среде,

93. Составы паст для местной защиты от цементации

Бура	Тальк	Глина	Песок	NaNO_2	Способ приготовления
—	65,0	(весовые %) 35,0	—	—	Смесь замешивают на жидком стекле уд. веса 1,4—1,5 до малярной консистенции. Обмазка наносится в два слоя по 0,5—1,0 мм кистью
13,0	—	(объемные %) 40,0	44,0	3,0	Смешанные порошки замешиваются на жидком стекле до малярной консистенции. Обмазка наносится в два слоя по 0,5—1,0 мм кистью

94. Составы ванн для жидкостной цементации

Наименование	Состав ванны	Химический состав в %						
		NaCN	BaCl ₂	NaCl	BaCO ₃	Na ₂ CO ₃	NaOH	SiC
Ванна Оргавтопрома. Рабочая температура 930-950° С, применяется для получения науглерожанных слоев глубиной 0,5—2,0 мм	При наплавлении	6—10	80—84	10	—	—	—	—
	Рабочий	3—8	30	30	40	—	До 4	—
Ванна ЭНИМС. Рабочая температура 850—900° С, применяется для получения науглерожанных слоев глубиной до 0,6 мм	Рабочий	—	—	10—15	—	75—85	—	6—10

содержащей науглероживающие газы: метан CH_4 , окись углерода CO , непредельные углеводороды C_nH_{2n} . При этом наиболее активным науглероживающим газом является метан CH_4 .

В качестве карбюризаторов применяют газы, полученные:

- а) путем пиролиза керосина;
- б) путем пиролиз-крекинга керосина;
- в) при распаде веретенного масла, керосина, бензола, пиробензола, синтина;
- г) путем крекирования светильного, природного, нефтяного, коксового газов;
- д) смесью генераторного газа с бензолом, природным газом или светильным газом.

Для термических отделений ремонтных цехов может быть рекомендована газовая цементация в шахтных печах с вентилятором типов Ц-105, Ц-75 и Ц-35* с применением при отсутствии светильного или природного газа в качестве карбюризатора синтина или керосина **.

Подача в рабочий объем шахтной печи карбюризатора, т. е. его расход, зависит от размеров печи и величины садки и устанавливается опытным путем.

Основные преимущества газовой цементации аналогичны преимуществам жидкостной цементации.

Азотирование — процесс химико-термической обработки, приводящий к насыщению поверхностного слоя стали азотом с целью повышения твердости и прочности поверхностного слоя, повышения износо-

устойчивости, коррозионной стойкости и усталостной прочности детали в целом.

Азотирование ведется в атмосфере аммиака при температуре 500—650° С с нагревом деталей до требуемой температуры, выдержкой в зависимости от требуемой глубины азотированного слоя и медленным охлаждением.

Наиболее широко применяется процесс азотирования (прочностной) для деталей машин, работающих в условиях трения и знакопеременных нагрузок изгиба при вращении (подкладки хвостовика центрально-высадочного ползуна горизонтально-ковочных машин, шейки коленчатых валов, рабочее зеркало гильз цилиндров двигателей внутреннего сгорания, клапаны, седла клапанов, толкатели, шестерни, точные детали топливной аппаратуры, шпиндели быстроходных станков и т. п.). Азотирование применяется также для повышения износоустойчивости мерительных инструментов.

Для изготовления азотируемых деталей применяется чаще всего сталь марок 38ХМЮА, 35ХЮА, а также хромованадиевая, хромоникельвольфрамовая, хромоникельмолибденовая сталь. Твердость азотированного слоя сталей двух первых марок достигает $H_n = 1250$, а последних трех марок $H_n = 800$.

При проведении процесса азотирования необходимо учитывать, что

- а) повышение температуры азотирования приводит к увеличению глубины азотированного слоя при понижении поверхностной твердости;

- б) с увеличением продолжительности азотирования увеличивается глубина азотированного слоя;

* Треста „Электропечь“.

** Применение бензола не рекомендуется ввиду его пожаро- и взрывоопасности, вредного влияния на организм человека, а также из-за высокой температуры замерзания.

в) с увеличением степени диссоциации аммиака свыше 60% глубина азотированного слоя уменьшается и поверхностная твердость понижается.

С целью местной защиты деталей от азотирования в настоящее время вместо дефицитного олова применяется покрытие жидким стеклом.

Защита осуществляется следующим образом:

а) детали подвергаются очистке песком до ровного матового цвета их поверхности для обеспечения прочного сцепления жидкого стекла со сталью (на очищенных поверхностях деталей не должно быть следов масла и загрязнений);

б) для покрытия применяется жидкое стекло по ГОСТ 4419-48 с модулем 2,2—3,0 уд. веса 1,4—1,55, которое перед употреблением очищается от загрязнений; жидкое стекло наносится на поверхность детали, не подлежащую азотированию, при помощи кисточки или 2—3-кратным окутыванием в ванну с жидким стеклом; после этого избытку жидкого стекла дают стечь; слой жидкого стекла на детали должен быть прозрачным, без пузырьков воздуха;

в) сушка покрытых жидким стеклом деталей производится в сушильном шкафу при температуре 90—120° С в течение 1,0—1,5 часа с последующим охлаждением;

г) после азотирования деталей корку жидкого стекла удаляют путем промывки деталей в воде с температурой 70—90° С в течение 30 мин.

Процесс азотирования отличается значительной длительностью; для ее уменьшения применяются двухступенчатые режимы.

В табл. 95 приведены применяемые на практике режимы азотирования стальных деталей с целью получения высокой износоустойчивости и усталостной прочности.

В табл. 96 приведены данные о влиянии азотирования на предел усталости стали в зависимости от состояния поверхности образцов, а в табл. 97 — влияние глубины азотированного слоя на усталостную прочность.

Разновидностью процесса азотирования является антикоррозионное азотирование, применяемое для малонагруженных деталей, изготовляемых из углеродистой конструкционной стали марки 20, инструментальной У7 и У10 и легированной стали ШХ15.

Детали, к которым предъявляются требования только в части устойчивости против коррозии, подвергаются азотированию при 620—700° С без последующей закалки. При требовании получения повышенной прочности детали после антикоррозионного азотирования подвергаются закалке, причем малоответственные детали подвергаются закалке непосредственно с температуры азотирования (770 ÷ 830° С). Более ответственные детали подвергаются после азотирования дополнительному нагреву до 780—830° С с последующей закалкой.

Влияние азотирования на антикоррозионную стойкость углеродистой стали приведено в табл. 98.

95. Режимы азотирования стали

Режим	№ ступени	Температура в °С	Степень диссоциации NH_3 в %	Продолжительность в час.	Глубина азотированного слоя в мм	Поверхностная твердость HV	Применение
Одноступенчатый	I	490—520	15—30	До 80	0,5—0,7	1050—1150	При требовании максимальной поверхностной твердости и минимальной деформации (для нагруженных деталей сложной конфигурации)
	I	540—560	30—40	35—65	0,5—0,6	950—1000	При требовании несколько пониженной поверхностной твердости (для деталей простой конфигурации)
Двухступенчатый	I II	500—510 550—575	≤25 35—55	18—20 20—24	0,5—0,7	900—1000	С целью уменьшения продолжительности процесса при требовании несколько пониженной поверхностной твердости и при допущении некоторой деформации
	I II	540 570	30 30	10 8	0,35—0,45	900—1000	

96. Влияние азотирования на предел усталости стали

Вид образца	Характер нагрузки	Состояние поверхности образца	Предел усталости в кг/мм ²	
			Улучшенные образцы	Азотированные образцы *
Плоский образец $L = 145 \text{ мм}$; сечение $20 \times 7 \text{ мм}$	Знакопеременный изгиб	Шлифованный	53	62,5
		Обработка тонким наждаком	41—50	62,5
		Надрез **	28	53
Круглый образец $d = 14 \text{ мм}$ с продольным сквозным отверстием	Знакопеременный изгиб при вращении	Шлифованный	63	71
		Обработка тонким наждаком	45	71
Круглый образец $d = 15 \text{ мм}$	То же	Без сверления	48	54
		Со сверлением	27	39

* Глубина азотированного слоя 0,35 мм.

** Надрез глубиной 0,75 мм; $r = 0,5 \text{ мм}$; $\angle 60^\circ$.

97. Влияние глубины азотированного слоя на предел усталости стали

Термообработка	Глубина азотированного слоя в мм	Предел усталости в кг/мм ²
Закалка и отпуск . .	Нет	56
Азотирование 7 час.	0,15	72
„ 16 „	0,25	78
„ 45 „	0,40	89
„ 90 „	0,60	87

Примечание. Образцы (сталь 0,3% С, 2,5% Cr, 0,3% Mo, 0,25% V) плоские, сечением $20 \times 25 \text{ мм}$, испытывались на плоский изгиб.

98. Влияние азотирования на антикоррозионную стойкость углеродистой стали

Режим азотирования		Продолжительность испытания на коррозию при полном погружении в воду в час.	Состояние образцов
Температура в °С	Продолжительность в час.		
550	1	290	Сильная коррозия всей поверхности
600	1	290	Местная коррозия
650	1	290	Коррозия отсутствует То же
	3	720	
700	0,5	720	„
	1	720	„
	3	3 мес. в атмосферных условиях	„

Цианирование — процесс химико-термической обработки, при котором производится насыщение поверхностного слоя стали одновременно углеродом и азотом, обеспечивающее получение после закалки и низкого отпуска повышенных твердости и прочности поверхностного слоя, износостойкости и усталостной прочности (табл. 99 и 100).

Цианирование осуществляется путем нагрева до 500—560° С инструментов из быстрорежущей стали или до 750—850° С деталей из конструкционной стали в цианирующей среде, выдержки в этой среде при указанной температуре в течение

времени, обеспечивающего требуемую глубину цианированного слоя, и последующего медленного охлаждения на воздухе (для инструментов) или закалки (для деталей машин). В зависимости от назначения цианирование подразделяется на низкотемпературное и высокотемпературное.

Цианирование низкотемпературное в твердой среде применяется после окончательной термической и механической обработки для инструментов из быстрорежущей стали. Для осуществления этого способа цианирования инструмент укладывается в ящики со смесью 60—70% дре-

99. Сравнение износостойчивости цианированных и цементованных образцов из стали 12ХНЗА (К. Терехов)

Термообработка				Круглые образцы		Призматические образцы	
				Потеря в весе за 50 час. испытания на трение в мГ		Потеря в весе за 50 час. испытания на трение в мГ	
				образца	средняя	образца	средняя
Цементация $R_C = 61 \div 63$	0,8—1,0 мм.	закалка,	отпуск	1,1 0,8 0,7	0,87	0,8 1,2 0,8	0,93
Цианирование $R_C = 60 \div 62$	0,4—0,5 мм.	закалка,	отпуск	0,4 0,6 0,4	0,46	0,3 0,4 0,5	0,4

100. Усталостная прочность цементованной и цианированной стали 10 (К. Терехов)

Термообработка	Твердость R_A	Предел усталости при изгибе в кг/мм ²
Цементация при 900° С 4 часа; глубина слоя 0,36 мм; закалка, отпуск	80—81	43,2
Цианирование при 820° С 1 час, глубина слоя 0,18 мм; закалка, отпуск	78	45,3

весного угля, 10—30% Na_2CO_3 , 20—40% $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ или $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$, в которой нагревается до 540—560° С и выдерживается в течение 1,5—3,0 часа, после чего производится охлаждение в этих же ящиках вне печи до 200—100° С.

Жидкостное низкотемпературное цианирование применяется также для инструментов и состоит из нагрева их в расплавленной смеси солей, содержащей NaCN или $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$, и выдержки при температуре 550—560° С в течение времени, требуемого для получения заданной глубины цианированного слоя, и охлаждения на воздухе. Получаемая поверхностная твердость инструментов из сталей P18 и P9 $H_n = 950 \div 1100$.

Жидкостное высокотемпературное цианирование применяется для болтов, гаек, винтов, валиков, шестерен из низко- и среднеуглеродистых малолегированных и углеродистых сталей марок А15, А15Г, А35, 15, 20, 35, 40, 45, 20Г, 40Г, 40Х, 45Х и др. и состоит из нагрева деталей в ваннах с цианистыми солями до температуры 750—850° С, выдержки при этой температуре и последующей закалки в воде или в масле.

Цианированные детали после закалки подвергаются низкотемпературному отпуску при 150—200° С.

Газовое низкотемпературное цианирование состоит в нагреве инструментов из быстрорежущей стали до температуры 540—560° С в науглероживающей и азотирующей газовой среде, выдержке и последующем медленном охлаждении.

Газовое высокотемпературное цианирование состоит в нагреве деталей, изготовленных из углеродистой и легированной цементуемой или улучшаемой стали, в среде, состоящей из науглероживающего газа и диссоциирующего аммиака, до температуры 750—850° С, выдержке при этой температуре и непосредственной закалке.

Этот процесс применяется для тех же деталей, что и жидкостное высокотемпературное цианирование.

Поверхностное насыщение стали алюминием, хромом, кремнием, бором называется диффузионной металлизацией. Характеристика некоторых методов диффузионной металлизации приведена в табл. 100а.

100а. Характеристика процессов диффузионной металлизации

Наименование метода	Назначение метода	Применение	Ведение процесса и получаемые результаты				
			Температура в °C	Среда	Нагрев деталей	Продолж. процесса τ в часах	Глубина получаемого слоя δ в мм
I. Алитирование Насыщение поверхностного слоя стали алюминием	Жаропрочность стальных деталей, работающих при температуре до 850—900°	Чехлы термопар, реторты для цинкования, тигли соляных ванн, топливники газогенераторов, чугунные колосники, пароперегревательные трубы, трубы для крекинга нефти, выхлопные и др.					
1. В твердой среде (в порошке) а)			900—950	Смесь 1. Al = 49% (порошок) 2. Al ₂ O ₃ = 49% 3. NH ₄ Cl = 2%	Детали находятся во вращающейся реторте с альтирующей смесью	2 12	0,1 1,0
б)			1050—1070	Смесь 1. Al = 35—50% 2. Обожженная белая глина, 65—50% (порошок)	Детали упаковываются в ящики с альтирующей смесью	6 15	0,6 1,65
2. Жидкостное	—	—	750—800	Ванна с расплавленными: Al = 92—94% Fe = 6—8%	Детали погружаются в ванну. После алитирования отжиг при 900—1100°—1,5 часа	0,75— 1,5	0,2— 0,35
3. Газовое	—	—	600 у одного конца реторты и 900—1000 у другого	У конца реторты с $t = 600^\circ$ помещена смесь: 1. Al = 45% (порошок) 2. Al ₂ O ₃ = 45% 3. NH ₄ Cl = 10% через реторту пропускается водород (в направлении от смеси к деталям), захватывающий AlCl ₃ , который и осуществляет алитирование	Детали располагаются у конца реторты с $t = 900—1050^\circ$ Твердость	2 ($t = 900^\circ$) 2 ($t = 1000^\circ$) 2 ($t = 1050^\circ$) H _B = 340 ÷ 390	0,08 0,15 0,22
II. Хромирование Насыщение поверхностного слоя стали хромом	а) Высокая износостойкость; б) стойкость против газовой коррозии (до 800°); в) антикоррозионная стойкость в воде и азотной кислоте	а) Детали точных станков; б) Детали паросилового оборудования, клапанов, вентилях, сопел, патрубков и др. в) Детали кислотоустойчивой аппаратуры г) Детали, работающие на трение в агрессивной среде	950—1050	Смесь 1. Феррохром = 50—60% (порошок) 2. Глинозем = 40—50% (или каолин) 3. NH ₄ Cl = 2—3% (или 4—5% HCl)	Детали упаковываются в ящики с хромирующей смесью	1 2 4 6 6 10 16	≈980° 0,03 0,05 0,08 0,10 0,13 0,16 0,25
2. Жидкостное			900—1000	Ванна с расплавленными солями BaCl ₂ = 80% CaCl ₂ = 20% CrCl ₂ = 10—20%	Детали погружаются в ванну	$t = 1000^\circ$ 2 4	0,06 0,12
3. Газовое			950—1050	В атмосфере паров хлоридов хрома (CrCl ₂ , CrCl ₃)		3 5	0,06 0,10

Наименование метода	Назначение метода	Применение	Ведение процесса и получаемые результаты				
			Температура в °С	Среда	Нагрев деталей	Продолж. процесса в часах	Глубина по лучаемого слоя δ в мм
III. Силицирование Насыщение поверхностного слоя стали кремнием	Повышение антикоррозионных свойств износостойчивости и жаропрочности стальных деталей (до 900°)	Поршни кислотных насосов и насосов для перекачивания растворов NaOH, вентили, краны, трубы для подвода морской воды и др.					
1. В твердой среде с пропусканьем газообразного хлора			1000—1100	Смесь 1. Ферросилиций = 100% или карбид кремния) 2) NH_4Cl = 2%; через реторгу пропускается хлор; или: 1. Ферросилиций 75% 2. Шамот = 20% 3. NH_4Cl = 5% с пропусканьем хлора	Детали упаковываются в реторгу со смесью	2 4	0,5 0,7
2. Газовое			950—1100	То же, что и в твердой среде, но детали располагаются в отдельной реторте, куда подается хлор	—	$t=980^\circ$ 1 0,3 3 0,7 5 0,9 $t=1100^\circ$ 1 0,8 2 1,5 3 2,0	

Термическая обработка чугунных деталей

Режимы и способы термической обработки некоторых чугунных деталей метал-

лорежущих станков, молотов, редуторов и др. приведены в табл. 101*.

* Об искусственном старении чугунных отливок см. выше на стр. 131.

101. Режимы термической обработки некоторых чугунных деталей оборудования

Наименование деталей	Состав чугуна в %	Термообработка	Температура процесса в °С и выдержка	Скорость нагрева в °С/час	Охлаждение	Получаемая твердость	
						H_B	R_C
Станины, суппорты, каретки, салазки станков	3,2—3,4C _{общ} , 1,65—2,25Si 0,6—0,7Mn	Отжиг для снятия внутренних напряжений (искусственное старение)	550—600; 2,5—3,0 часа	160—180	В печи 6—8 час., выдача на воздух при 150° C	—	—
Установочные плиты, крышки редуторов	3,2 C _{общ} , 1,8Si 0,7Mn	То же	500—550; 3 часа	—	В печи 13 час.; выдача на воздух при 100° C	—	—
Гильзы цилиндров паро-воздушных молотов	2,9—3,2C _{общ} , 1,6—1,8Si, 0,8—1,0Mn, 0,3—0,5Cr, 0,4—0,6Ni	Закалка	850—860; 0,5—0,8 часа	—	Масло	285—321	—
		Отпуск	350—470; 1,5—2,0 часа	—	Воздух		
Поршневые кольца гидронасосов станков	Легированный чугун 3,2—3,3C _{общ} , 1,9—2,1Si, 0,6—0,7Mn, 0,2—0,3Cr, 0,2—0,3Ni	Закалка Отпуск	850—870 500—550	— —	Масло —	—	$R_B = 98 \div 105$
Направляющие станин станков	Перлитный; $\geq 0,4C$	Непрерывно-последовательная поверхностная закалка с нагревом кислородно-ацетиленовым пламенем; слой 3—4 мм; давление ацетилена 0,45—1,0 кг/см ² при ширине закаливаемой поверхности 12—75 мм соответственно. Расход ацетилена 250—275 л/час при скорости перемещения горелки 100 мм/мин				Вода	40—50
	Перлитно-ферритный $\geq 0,4C$						40—48
	Легированный чугун; $\geq 0,4C$, 0,3—0,5Cr, 0,4—0,5Ni						43—53

Примечание. О закалке направляющих станин кислородно-ацетиленовым и кислородно-керосиновым пламенем см. ниже в разделе „Ремонт станин“.

Контроль качества термической и химико-термической обработки

Контроль результатов термической и химико-термической обработки заготовок и изделий наиболее часто осуществляется в производственных условиях с применением приборов ТШ (прибор Бринеля), ТК (прибор Роквелла) и ШРС (склероскоп Шора), при помощи которых определяется твердость.

Для очень ответственных деталей применяется также контроль механических свойств, а для деталей, подвергнутых химико-термической обработке или поверхностной закалке, определяется глубина и микроструктура науглероженного, азотированного, цинкированного и поверхностно закаленного слоя. В табл. 102 приведена характеристика приборов, применяемых в производственных условиях для испытания твердости. В табл. 103 дано соотношение чисел твердости, определенных различными методами. Соотношение между твердостью H_B и пределом прочности при растяжении σ_s может быть принято для стальных поковок и проката

равным $\sigma_s = 0,36H_B$, для отливок и серого чугуна $\sigma_s = \frac{H_B - 40}{6}$ и для стальных отливок $\sigma_s = (0,3 \div 0,4)H_B$.

Крупные заготовки или изделия, которые невозможно подвергнуть испытанию на твердость с применением приборов ТШ и ТК, проверяются на твердость переносным прибором (Польди), дающим менее точные результаты, чем прибор ТШ. Определение твердости этим прибором основано на одновременном вдавливании при ударе шарика в испытуемую деталь и в эталон, твердость которого известна. После измерения диаметра лунок на эталоне и на детали по специальным таблицам для данной твердости эталона определяют твердость детали.

В тех случаях, когда малая толщина (например, тонкие дисковые детали) или сложная конфигурация (например, рабочая поверхность зубьев шестерен) изделий не дает возможности применить прибор ТК, используются тарированные напильники, имеющие определенную твердость и позволяющие определять твердость изделий.

102. Характеристика приборов для испытания твердости в производственных условиях

Тип прибора	Материал	Твердость H_B	Толщина испытуемого материала в мм	Диаметр стального шарика в мм	Нагрузка при испытании в кг	Условное обозначение единиц твердости
ТШ (ПБ) — твердомер шариковый (прибор Бринеля)	Чугунные и стальные изделия *	До 450	> 6	10	3000	$H_B 3000/10$
			3—6	5	750	$H_B 750/5$
			2—3	2,5	187,5	$H_B 187,5/2,5$
ТК (РВ) — твердомер конусный (прибор Роквелла)	То же	60—230	> 1,2	1,58	100	R_B
		230—700	> 3	Алмазный конус	150	R_C
	Главным образом азотированные и цинкированные стальные изделия	> 700	> 1,2	То же	60	R_A
ШРС — прибор, работающий по методу упругого отскока бойка (склероскоп Шора)	Главным образом, цементированные, цинкированные и поверхностно-закаленные стальные изделия	До 750	> 2	Стальной боек	2,5 грамма	$H_{от}$

* Приборы ТШ и ТК применяются также для определения твердости H_B и R_B изделий из цветных металлов и сплавов.

103. Соотношение чисел твердости, определенных различными методами

Твердость по прибору ТП при испытании пирамидой H_n	Твердость по Бринелю		Твердость по Роквеллу		Твердость по методу упругого отскока (по прибору ШРС) $H_{от}$
	Диаметр отпечатка в мм	При испытании стальным шариком $\varnothing 10$ мм и $P = 3000$ кг	шкала С	шкала А	
1220	2,20	780	72	84	106
1114	2,25	745	70	83	102
1021	2,30	712	68	82	98
940	2,35	682	66	81	94
867	2,40	653	64	80	91
803	2,45	627	62	79	87
746	2,50	601	60	78	84
694	2,55	578	58	77	81
650	2,60	555	56	77	78
606	2,65	534	54	76	76
587	2,70	514	52	75	73
551	2,75	495	50	74	71
534	2,80	477	49	74	68
502	2,85	461	48	73	66
474	2,90	444	46	73	64
460	2,95	429	45	72	62
435	3,00	415	43	72	61
423	3,05	401	42	71	59
401	3,10	388	41	71	57
390	3,15	375	40	70	56
380	3,20	363	39	70	54
361	3,25	352	38	69	53
344	3,30	341	36	68	51
334	3,35	331	35	67	50
320	3,40	321	33	67	49
311	3,45	311	32	66	47
303	3,50	302	31	66	46
292	3,55	293	30	65	45
285	3,60	285	29	65	44
278	3,65	277	28	64	43
270	3,70	269	27	64	42
261	3,75	262	26	63	41
255	3,80	255	25	63	40
249	3,85	248	24	62	39
240	3,90	241	23	62	38

Некоторые способы качественного анализа

Вместо сложного и отнимающего много времени химического анализа для быстрого качественного и приближенного количественного анализа сталей и различных цветных сплавов широкое применение имеет спектроскопический метод анализа, осуществляемый с помощью стилоскопа. Этот метод состоит в том, что в спектре сплава с помощью стилоскопа находят характерные линии элементов (качественный анализ), а по интенсивности этих линий приближенно определяют содержание элементов (количественный анализ). Стилоскоп позволяет обнаруживать наличие и определять количество хрома, вольфрама, марганца, ванадия, молибдена.

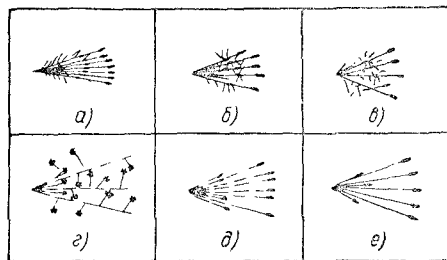
никеля, титана, алюминия, кремния, меди и других элементов (кроме серы и фосфора) в стали, а также цинка, никеля, марганца, железа, свинца, олова, алюминия, бериллия, кремния, магния, меди и других элементов в различных цветных сплавах. При помощи стилоскопа возможна также быстрая сортировка пермаллоев, победитов и стелитов.

Для быстрой рассортировки сталей, а также для проверки соответствия стали требуемой марке применяется проба на искру, которая дает приближенное определение содержания углерода и некоторых легирующих элементов в стали. При нажатии куска стали или стальной детали на вращающийся наждачный круг образуется снап искр, которые в зависимости от содержания углерода и легирующих

элементов отличаются по форме и цвету. Так:

а) при содержании углерода 0,1—0,15% пучок искр светлый, длинный; след искры прямолинейный с утолщениями на конше (фиг. 71, а);

б) при содержании углерода 0,4—0,6% пучок искр светлый, короче и шире пре-



Фиг. 71. Формы искр при пробе сталей различных марок.

дыдущего; от утолщений отделяются звездочки (фиг. 71, б);

в) при содержании углерода 0,9—1,2% пучок искр короткий и широкий, с отделением звездочек (фиг. 71, в);

г) хромистые стали дают длинный пучок желто-красноватых искр; количество звездочек зависит от содержания углерода в стали (фиг. 71, г);

д) вольфрамовые стали с высоким содержанием вольфрама дают прерывистый пучок темно-красных искр со светлым утолщением, почти без звездочек (фиг. 71, д);

е) быстрорежущие (хромовольфрамовые) стали дают двойную искру: короткую и тонкую — темно-красную и длинную, толстую — красную (фиг. 71, е).

Правка деталей при термической обработке

При термообработке деталей происходят их деформация и коробление, которые могут быть уменьшены (кроме указанного выше применения изогермической и ступенчатой закалки) при соблюдении равномерного нагрева и охлаждения изделий, а также при применении специальных приспособлений и правильного погружения изделий в охлаждающую жидкость при закалке. Очень эффективной является закалка изделий в зажатом состоянии, отпуск тонкостенных изделий (поршневые кольца, диски трения и сцепления) на оправках с зажатием их между дисками при помощи клина, закалка и отпуск пружин на оправках и др.

С целью уменьшения полученных деформаций изделия подвергаются правке в прессах, на плитах и др.

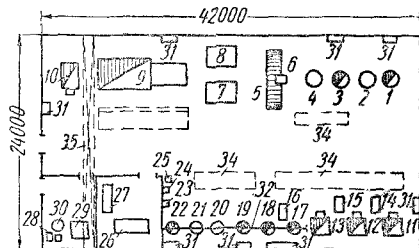
Плоские изделия малого сечения, имеющие коробление после термообработки, подвергаются рихтовке с помощью стальной молотки или медного молотка на правильных чугунных плитах.

104. Характеристика прессов, применяемых для правки деталей

Тип пресса	Рабочее давление в <i>т</i>	Применение для стержневых изделий диаметром в <i>мм</i>
Ручной реечный винтовой Гидравлический или пневматический	1—5	5—12
	2—20	13—25
	До 8 12—15 30—35	До 30 30—40 50—70

Примерная планировка оборудования термического отделения

Термическое отделение при ремонтном цехе должно располагать минимальным комплектом оборудования, позволяющего



Фиг. 72. Планировка оборудования термического отделения при ремонтно-механическом цехе: 1 и 3 — шахтные печи для отжига, нормализации, закалки и отпуска штоков, крупных осей и валов; 2 и 4 — баки для закалки штоков, осей и валов; 5 и 6 — рольганг и пресс Бринеля для крупных деталей; 7 и 8 — масляный и водяной баки для закалки крупных деталей; 9 — печь с выдвижным полом для отжига, нормализации, закалки и отпуска крупных деталей; 10 — камерная печь для отжига, нормализации и отпуска средних деталей; 11 — 13 — универсальные камерные печи для отжига, нормализации, закалки и отпуска мелких деталей; 14, 15, 16 и 21 — закалочные баки; 17 и 18 — соляные ванны; 19 — шахтная электропечь для газовой цементации; 20 — охлаждающий колодезь; 22 — шахтная электропечь для отпуска; 23 — прибор Роквелла; 24 — пресс Бринеля; 25 — заточный станок; 26 — станок для высокочастотной закалки; 27 — высокочастотный ламповый генератор; 28 — 30 — дробеструйная установка для очистки деталей от окисления; 31 — пирометрические щитки; 32 — монорельс с электродельфером; 33, 34 — площадки и стеллажи для обрабатываемых деталей; 35 — мостовой край 10 *т*.

осуществлять необходимые процессы термобработки ремонтных деталей.

На фиг. 72 представлена схематическая планировка оборудования в термическом отделении при ремонтном цехе крупного машиностроительного завода. Установленное оборудование позволяет обрабатывать детали от крупных (например, штоки молотов, большие валы) до самых мелких, подвергая их отжигу, нормализации, закалке, отпуску, газовой цементации, цианированию, хромированию, алитированию, высокочастотной закалке и др.

ТОЧНОСТЬ И КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТИ ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ

При построении технологического процесса механической обработки и выборе оборудования основной задачей является обеспечение заданной точности обработки и качества поверхности при наибольшей производительности и экономичности процесса.

Выбор методов обработки и построения технологических маршрутов зависит также от типа обрабатываемой детали (валы, диски, корпусные детали и др.), вида заготовки (прокат, штамповка, поковка отливка и др.) и размеров обрабатываемой партии.

Точность обработки включает в себя понятия как точности формы и размеров отдельных участков детали, так и точности взаимного расположения этих участков. Точность обработки характеризуется величинами допущенных при обработке погрешностей, т. е. отступлением реальной детали от заданной. Погрешности обработки должны находиться в пределах допусков.

Погрешность обработки может являться следствием большого числа факторов. Одни из них связаны с работой станка, (геометрическая неточность станка, недостаточная его жесткость и износостойкость, неточность и износ режущего инструмента температурные деформации системы и т. п.), другие - с его настройкой (установка инструмента на снятие данного припуска, регулировка упоров и остановов, установка заготовки и т. д.), т. е. зависят от квалификации рабочего.

Под *экономической точностью* подразумевается такая точность обработки, получение которой данным методом является экономически наиболее оправданным.

Ориентировочные данные об экономической точности разных методов механической обработки приведены в табл. 105.

Возможность получения той или иной точности обработки в пределах указанных в табл. 105 диапазонов зависит от режимов обработки, типа и состояния оборудования и других конкретных условий обработки.

Качество поверхности определяется чистотой поверхности, т. е. степенью ее гладкости и физико-механическими свойствами поверхностного слоя металла.

Для суждения о чистоте поверхности согласно ГОСТ 2789-51 пользуются следующими характеристиками шероховатости: H_{cp} — средняя высота неровностей и $H_{ск}$ — среднеквадратическое отклонение неровностей от средней линии, т. е. корень квадратный из среднего значения квадрата расстояний точек профиля до его средней линии. Средняя линия профиля делит его таким образом, что площади по обеим сторонам от этой линии до профиля равны между собой.

Обработанные поверхности по степени шероховатости разбиваются на 14 классов (табл. 106).

Чистота поверхности непосредственно зависит от метода обработки и режимов резания. Проектируя технологический процесс, всегда следует иметь в виду, что неровности на поверхности являются следствием геометрии режущего инструмента, пластических деформаций обрабатываемого металла в процессе резания и вибраций при резании металлов.

Из режимов обработки основное влияние на шероховатость оказывает величина подачи. Как правило, величина подачи ограничивается требуемой чистотой поверхности. Применяя прогрессивную геометрию режущего инструмента, например резцы новатора В. А. Колесова, можно значительно увеличить подачу при сохранении высокой чистоты поверхности. Борьба с вибрациями (повышение жесткости станков, применение виброгасителей и т. д.) также является эффективным методом повышения качества обрабатываемой поверхности.

Точность и чистота поверхности при разных методах механической обработки

Для ориентировочного выбора метода обработки в зависимости от требуемой чистоты поверхности можно пользоваться табл. 106.

105. Экономическая точность, соответствующая различным методам обработки
(ориентировочные данные)

Метод обработки	Класс точности		Погрешности для диаметров 50—80 мм	
	Средняя экономическая точность	Пределы колебаний	Средняя экономическая точность в мм	Пределы колебаний в мм
Точение и строгание черновое	5-й	4—7-й	0,4	0,2—0,8
То же чистовое	4-й	3а—4-й	0,2	0,12—0,2
„ точное	3-й	2а—3а	0,06	0,03—0,12
Точение тонкое	2-й	1—2а	0,02	0,01—0,03
Фрезерование черновое	4-й	3а—5-й	0,2	0,12—0,4
Фрезерование чистовое и тонкое . . .	3-й	2а—4-й	0,06	0,03—0,2
Сверление и зенкерование	5-й	4—7-й	0,4	0,2—0,8
Развертывание предварительное . . .	3-й	2а—3а	0,06	0,05—0,12
Развертывание окончательное	2-й	1—2а	0,03	0,01—0,05
Протягивание обычное	2а	2—3-й	0,05	0,02—0,06
„ точное	2-й	1—2-й	0,03	0,01—0,03
Шлифование грубое	3а	3—4-й	0,12	0,06—0,2
„ точное	2-й	1—2а	0,02	0,01—0,03
„ тонкое	1-й	2—5-й	0,01	0,003—0,013
Доводка брусками (хонингование) обычная	2-й	2—2а	0,03	0,02—0,05
Доводка брусками окончательная . . .	1-й	1—2-й	0,02	0,01—0,03
Притирка	1-й	1—5-й	—	—

Примечания: 1. Цифры таблицы относятся к экономической точности, обеспечиваемой в нормальных производственных условиях. При благоприятных обстоятельствах достигается более высокая точность.

2. Графа таблицы „Средняя экономическая точность“ соответствует обработке поверхностей с отношением длины к диаметру или ширине, равным 2—3. При большей длине точность повышается.

3. Короткие буртики выточки и заточки могут обрабатываться (на настроенных станках) с повышенной точностью.

4. Точность чернового фрезерования показана несколько выше точности строгания, что учитывает большие, как правило, припуски у строгаемых деталей по сравнению с фрезеруемыми. При чистовой обработке крупных деталей (например, станин и рам) положение изменяется, точность строгания на продольно-строгальных станках оказывается выше точности фрезерования (достигается точность класса 2а и даже 2-го).

5. Точность размеров, достигаемая при суперфинишировании и полировании, не указывается, так как она определяется точностью предварительной обработки.

Для более точного выбора метода механической обработки в зависимости от требуемого класса точности и чистоты поверхности необходимо учитывать тип деталей, погрешности базирования обрабатываемой детали, ее жесткость и характер

ристку применяемого для механической обработки оборудования.

В табл. 107—109 приведены средние цифры классов точности и чистоты поверхностей, полученных при обработке деталей различными методами.

106. Чистота поверхности в зависимости от метода обработки и режима резания

Обрабатываемые поверхности	Метод обработки		Группа чистоты													
			Класс чистоты													
			1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й	7-й	8-й	9-й	10-й	11-й	12-й	13-й	14-й
Наружные цилиндрические	Обтачивание	предварительное														
		чистовое														
	Шлифование	тонкое														
		предварительное														
	Притирка	чистовое														
		тонкое														
		грубая														
Отделка абразивным полотном																
Обкатывание роликом																
Шлифование-отделка (суперфиниширование)																
Внутренние цилиндрические	Растачивание	предварительное														
		чистовое														
	Сверление	тонкое														
		черновое (по корке)														
	Зенкерование	чистовое														
		нормальное														
	Развертывание	точное														
		тонкое														
	Протягивание															
	Внутреннее шлифование	предварительное														
		чистовое														
Калибрование шариком																
Притирка	грубая															
	средняя															
	тонкая															
Шлифование-притирка/полирование		нормальное														
		зеркальное														
Плоскости	Строгание	предварительное														
		чистовое														
	Цилиндрическое фрезерование	тонкое														
		предварительное														
	Торцевое фрезерование	чистовое														
		тонкое														
	Торцевое точение	предварительное														
		чистовое														
	Плоское шлифование	тонкое														
		предварительное														
Притирка	чистовое															
	грубая															
	средняя															
		тонкая														

107. Точность и качество поверхности при механической обработке деталей из проката, штампованных и кованных заготовок [2]

Характер заготовки	Метод обработки	Класс точности	Класс чистоты
<i>Жесткие валы, стаканы и втулки</i>			
Холоднотянутая автоматная сталь (5-й класс точности)	Обтачивание обдирочное	4-й	4-й
Горячекатаная сталь повышенной точности	" "	4-й	4-й
То же	Обтачивание черновое	5-й	3-й
Прокат и штамповка обычной точности	Обтачивание обдирочное	5-й	4-й
То же	" черновое	7-й	3-й
Независимо от исходной заготовки:	Обтачивание полустачное	5-й	4-й
после полустачного обтачивания	" чистовое	4-й	5-й
после чистового обтачивания	" тонкое	3—2а	7—8-й
после чистового обтачивания	Шлифование предварительное (зернистость круга 24—36)	3-й	6-й
после предварительного шлифования	Шлифование чистовое (зернистость круга 46—90)	2а—2-й	7—8-й
после чистового шлифования	Шлифование тонкое (зернистость круга 120—180)	2—1-й	8—10-й
<i>Диски, барабаны и стаканы (обтачивание торцовых поверхностей)</i>			
Поковка	Черновое обтачивание:		
	от черной базы	9-й	2-й
	" обработанной базы	7-й	2-й
"	Полустачное обтачивание:		
	от черной базы	8-й	3-й
	" обработанной базы	5-й	3-й
"	Чистовое обтачивание:		
	от черной базы	7-й	5-й
	" обработанной базы	4—3а	5-й

108. Точность и качество поверхности при механической обработке деталей из литья (отливка в земляную форму при ручной формовке) [2]

Метод обработки	Стальное литье		Серый чугун		Цветное литье	
	Класс точности	Класс чистоты	Класс точности	Класс чистоты	Класс точности	Класс чистоты
<i>Диски, барабаны, стаканы и втулки</i>						
Обтачивание наружных и растачивание внутренних поверхностей						
черновое	7-й (5-й)	2-й	5-й (4-й)	3-й	4-й (3а)	3-й
полустачное	5-й	4-й	4-й	4-й	—	—
чистовое	4-й	5-й	3а	5-й	3-й	5-й
<i>Корпусы, плиты и кронштейны</i>						
Обработка плоских поверхностей						
Шлифование обдирочное	9-й (8—7-й)	5-й	9-й 8—7-й)	5-й	—	—

Продолжение табл. 103

Метод обработки	Стальное литье		Серый чугун		Цветное литье	
	Класс точности	Класс чистоты	Класс точности	Класс чистоты	Класс точности	Класс чистоты
Строгание черновое:						
от черной базы . . .	9-й	3-й	9-й	3-й	—	—
" обработанной базы . . .	7-й	3-й	5-й	3-й	—	—
Строгание чистовое:						
от черной базы . . .	8-й	5-й	7-й	5-й	—	—
" обработанной базы . . .	4-й	5-й	4-й	5-й	—	—
Строгание тонкое . . .	3а—3-й	6—8-й	2а—3-й	6—8-й	—	—
Фрезерование черновое:						
от черной базы . . .	9-й (8—7-й)	3-й	8-й (8—7-й)	3-й	—	—
" обработанной базы . . .	7-й (5-й)	3-й	5-й (4-й)	3-й	—	—
Фрезерование получистовое:						
от черной базы . . .	8-й (5-й)	4-й	7-й	4-й	—	—
" обработанной базы . . .	5-й (4-й)	4-й	4-й	4-й	—	—
Фрезерование чистовое . . .	4-й	5-й	3а	5-й	—	—
" тонкое . . .	3а—3-й	6—8-й	3а—3-й	6—8-й	—	—
Шлифование предварительное	3-й	6-й	3-й	6-й	—	—
Шлифование чистовое	2а	7-й	2а	7-й	—	—
" тонкое	2—1-й	8—10-й	2—1-й	8—10-й	—	—
Примечание. В скобках указаны классы точности для литых заготовок, полученных машинной формовкой.						

При совмещении установочной и измерительной баз погрешность базирования равна нулю, поэтому обычно выбирают за установочную базу ту поверхность, от которой задан выдерживаемый размер.

При наличии погрешности базирования, при малой жесткости обрабатываемых изделий и применении изношенного оборудования точность и чистота обработки могут быть значительно ниже приведенных в табл. 107—109.

109. Точность и качество поверхности, получаемые при обработке отверстий

Метод обработки	Класс точности	Класс чистоты
Развертывание:		
нормальное	3а	6-й
точное	2а	7-й
тонкое	2-й	8-й
Растачивание:		
черновое	5-й	3-й
чистовое	4-й	5-й
тонкое	2—2а	7—8-й
Шлифование	3а—2-й	7—8-й
Притирочное шлифование	1—2-й	9—12-й

Состояние оборудования и в первую очередь его жесткость, точность и степень изношенности имеют большое значение для достижения высокой точности и чистоты обработки. Жесткость шпинделя

и суппортной части станка определяют величину отжатий детали и инструмента, а следовательно, и точность размера и формы обрабатываемой детали. Недостаточная жесткость шпинделя, кроме того, влияет на чистоту поверхности, особенно при повышенных режимах обработки. Шпиндель начинает «дробить», и на поверхности детали появляются характерные волны или сетка.

Геометрическая точность оборудования снижается по мере его износа, увеличивая погрешность обработки.

Наибольшее влияние на точность обработки, как правило, оказывает износ шпинделя и направляющих станка.

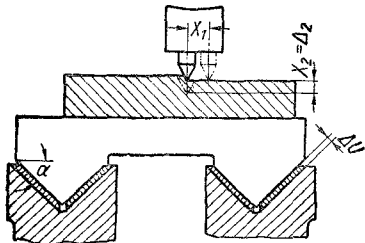
Биеение шпинделя у токарных, револьверных, расточных и других станков влияет главным образом на диаметральные размеры обрабатываемой детали.

Влияние износа и конструкции направляющих на точность работы станков

Величина износа и форма изношенной поверхности направляющих станков оказывают непосредственное влияние на точность обработки, вызывая искажение траектории движения изделия или инструмента. При этом существенное значение имеет конструкция направляющих и принятый метод обработки.

В зависимости от технологического процесса отклонение инструмента от заданной траектории на некоторое значение может привести к изменению размера обрабатываемой детали на ту же или меньшую величину или вообще не отразится на точности обработки.

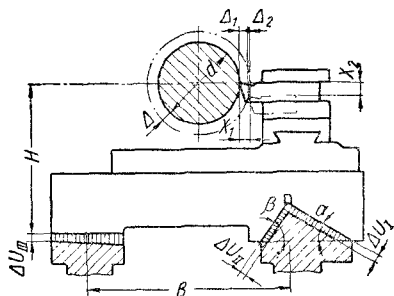
Например, если рассмотреть строгание плоскостью (фиг. 73), то отклонение резца (или детали) в вертикальной плоскости вызовет то же отклонение размера обрабатываемой детали ($X_2 = \Delta_2$). Сме-



Фиг. 73 Схема влияния износа направляющих строгального станка на отклонение резца.

щение инструмента только в горизонтальной плоскости X_1 не вызовет искажения обрабатываемой поверхности. То же можно сказать о фрезеровании, шлифовании плоскостей и о некоторых других методах обработки.

При обработке деталей радиальное смещение резца на величину X_1 (фиг. 74) приведет к изменению радиуса детали на



Фиг. 74. Схема влияния износа направляющих токарного станка на отклонение резца.

ту же величину $\Delta_1 = X_1$, между тем смещение резца на X_2 в тангенциальном направлении приведет к изменению радиуса лишь на величину $\Delta_2 = \frac{X_2^2}{d}$.

Аналогичная картина будет иметь место и при круглом шлифовании деталей.

Если при движении инструмента (или детали) при обработке данной поверхности отклонения от прямолинейной траектории изменяются как по величине, так и по направлению, то это приводит к изменению не только размера детали, но и формы обрабатываемой поверхности.

Искажение траектории движения суппорта или стола станка происходит вследствие износа его направляющих, причем основное значение для точности обработки имеет износ направляющих станины.

Если известен износ направляющих станины U_1 и U_2 при двух данных положениях суппорта или стола, то разность между этими износами $\Delta U = U_1 - U_2$ определит соответствующую величину погрешности обработки. Так, при одинаковом износе всех четырех граней у направляющих строгального станка (фиг. 73) произойдет опускание стола

на величину $\Delta_2 = X_2 = \frac{\Delta U}{\cos \alpha}$, где α — угол наклона граней направляющих.

Для токарных станков характерен неодинаковый износ граней направляющих, что приводит к горизонтальному смещению суппорта, его повороту и опусканию. Зависимость между износом отдельных граней и погрешностью обработки (фиг. 74) имеет вид

$$\Delta_2 = \Delta U_I \left(\frac{H}{B} \cos \alpha - \sin \alpha \right) + \Delta U_{II} \left(\frac{H}{B} \cos \beta + \sin \beta \right) - \Delta U_{III} \frac{H}{B},$$

где значения ΔU_I , ΔU_{II} и ΔU_{III} характеризуют износ трех основных граней направляющих.

Для установления зависимости между погрешностью обработки, размерами детали и износом направляющих необходимо знать форму изношенной поверхности направляющих (характер износа по длине направляющих).

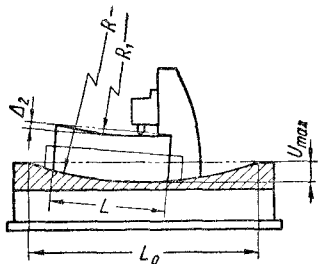
Так, если износ направляющих строгального станка происходит по дуге некоторого большого радиуса R (фиг. 75), то погрешность обработки будет

$$\Delta_2 = \frac{U_{\max}}{\cos \alpha} \left(\frac{L}{L_0} \right)^2,$$

где U_{\max} — максимальный износ направляющих; L_0 — длина изнашивающегося участка направляющих станины; L — длина обрабатываемой детали.

Эта формула позволяет установить допускаемые величины износа направляющих в зависимости от требуемой точности обработки и размеров обрабатываемых изделий или определить возможности станка для получения заданного класса точности при изношенных направляющих. Например, при $L = 0,3L_0$, $\alpha = 45^\circ$ и $U_{\max} = 0,5$ мм получим $\Delta_2 = 0,064$ мм.

Для ряда станков, в том числе токарных, для установления предельно допускаемых износов необходимо знать харак-

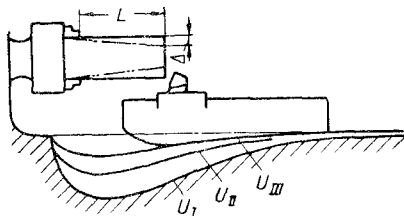


Фиг. 75. Схема возникновения погрешностей за счет износа направляющих при обработке деталей различной длины на строгальном станке.

терную форму изношенной поверхности всех трех граней направляющих (фиг. 76).

Характер кривых U_I , U_{II} и U_{III} определяет траекторию движения резца; при обточке вместо цилиндрической формы изделие будет получать коническую, бочкообразную или иную форму. Исследование износа направляющих для универ-

сальных токарных станков (типа 1А62 и VDF и др.) [1] позволили установить предельно-допускаемые износы напра-



Фиг. 76. Схема возникновения погрешностей за счет износа направляющих при обработке деталей различной длины на токарном станке.

сальных этих станков (передняя направляющая призматическая $\alpha = 25^\circ$, $\beta = 65^\circ$, задняя плоская) в зависимости от требуемой точности обработки (табл. 110). Данные, приведенные в табл. 110, относятся к качеству с наибольшим износом, который находится на передней грани на расстоянии 300—500 мм от торца пагрона.

Как видно из приведенных табличных данных, при больших допусках на диаметр и коротких изделиях допускаемый износ может быть весьма значительным. Однако с точки зрения виброустойчивости суппорта, а также культуры эксплуатации и ремонта не рекомендуется допускать износ больше 0,2 мм.

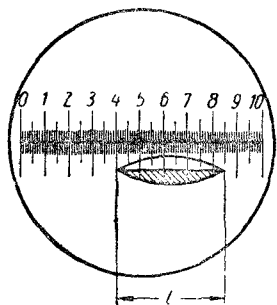
Для определения величины износа и выявления продолжительности срока

110. Предельно допускаемый износ направляющих токарных станков (типа 1А62 и VDF)

Требуемая точность обработки		Предельно допускаемый износ направляющих станков в мм при обточке детали в патроне длиной					
Предельное отклонение диаметра в мк	Класс точности при $d = 50 \div 80$ мм	до 25 мм	до 50 мм	до 100 мм	до 200 мм	до 300 мм	до 400 мм
13	1-й	0,16	0,08	0,04	0,02	0,013	0,01
20	2-й	0,24	0,12	0,06	0,03	0,02	0,015
30	2а	0,40	0,20	0,10	0,05	0,035	0,025
60	3-й	—	0,40	0,20	0,10	0,07	0,05
120	3а	—	—	0,40	0,20	0,13	0,10
200	4-й	—	—	0,65	0,32	0,21	0,16
400	5-й	—	—	—	0,65	0,43	0,32

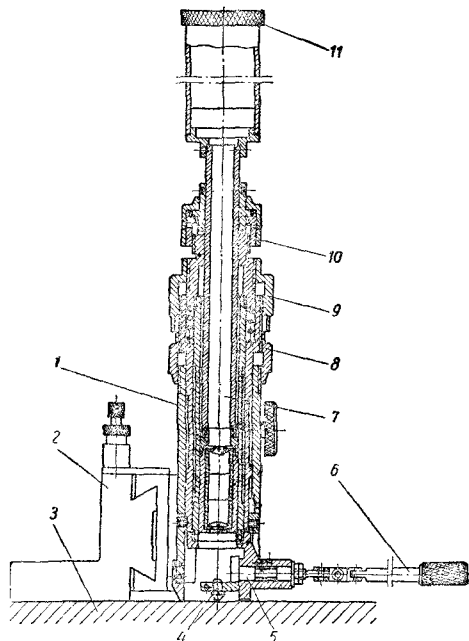
Примечание. При составлении таблицы не учитывалось влияние на точность обработки других факторов (жесткости шпинделя, суппорта, детали, износа резца и т. п.).

работы направляющих следует систематически производить замеры износа. На основании этих замеров ОГМ завода может планировать ремонт направляющих станков и принимать меры для увеличения срока их службы.



Фиг. 77. Лунка в поле зрения микроскопа.

Наиболее целесообразно для замеров износа направляющих применять метод вырезанных лунок [3], который заключается в том, что на исследуемой поверхности алмазным резцом вырезается лунка и ее длина измеряется при помощи микроскопа по делениям шкалы окуляра



Фиг. 78. Износмер типа П-3.

(фиг. 77). По уменьшению длины лунки при повторном замере судят о величине износа. Точность измерения износа до 2—3 мк.

На фиг. 78 показан прибор для замеров износа направляющих станков — износмер типа П-3 конструкции А. С. Пронилова. Корпус прибора 1 закрепляется на линейке 2, которая в свою очередь устанавливается на направляющие станка 3. Вырезание лунки производится резцом 4, помещенным в коленчатом валике 5, который вращается от руки через карданный валик 6.

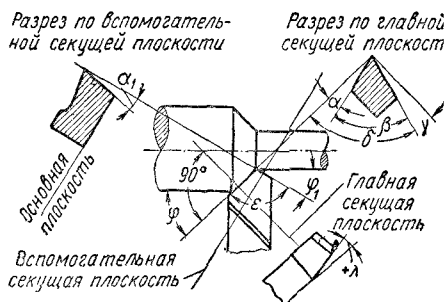
Наблюдение и измерение лунки производится посредством микроскопа 7, помещенного внутри прибора. В приборе предусмотрены гайки 8, 9 и 10 для быстрого подвода резца, для рабочей подачи при вырезании лунки и для фокусировки. Освещение поля производится от лампочки, помещенной снаружи прибора (на чертеже не видна).

После каждого поворота резца лунка становится видной через микроскоп, и ее можно довести до требуемого размера по делениям окуляра 11 микроскопа.

ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ РЕЗАНИЕМ

Резцы

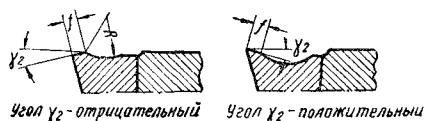
Резцы различаются по назначению (для черновой и чистовой обработки наружных и внутренних цилиндрических и фасонных поверхностей и плоскостей), по направлению подачи (правые и левые) и



Фиг. 79. Углы резца: α — главный задний угол; β — угол заострения; γ — передний угол; δ — угол резания; α_1 — вспомогательный задний угол; φ — главный угол в плане; φ_1 — вспомогательный угол в плане; ϵ — угол при вершине в плане; λ — угол наклона главной режущей кромки.

по форме головки (проходные, подрезные и т. д.). Основные типы резцов приведены в табл. 113.

У резцов, предназначенных для работы с подачами $s > 0,2$ мм на один оборот или двойной ход, ширина фаски $f = (0,8 \div 1)s$ мм (фиг. 81).

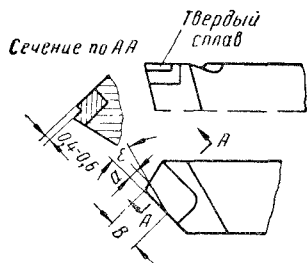


Фиг. 81. Фаска f и радиус выемки R .

У резцов, предназначенных для работы с подачами $s \leq 0,2$ мм на оборот или двойной ход, режущие кромки слегка притупляют оселком, оставляя при этом фаску шириной не более 0,2 мм.

Радиус выемки R у резцов с передней гранью по форме I находится в зависимости от типа резца, величины подачи s на оборот или двойной ход и механических свойств обрабатываемого материала, но не менее 3 мм. Для резцов токарных проходных и расточных $R = (10 \div 15)s$ мм; строгальных и долбежных $R = (30 \div 40)s$ мм; прорезных и отрезных $R = (50 \div 60)s$ мм.

При скоростной обточке и расточке вязких конструкционных сталей на передней поверхности резца делается стружколомательный порожок (фиг. 82).



Фиг. 82. Стружколомательный порожок у резцов.

Его размеры зависят от глубины резания и подачи s на 1 оборот.

Углы в плане. Для обработки жестких деталей в патроне угол φ (фиг. 79) у проходных и подрезных резцов делается равным 30, 45 или 60°, а при обработке деталей малой жесткости в центрах 60, 75 или 90°.

У расточных резцов угол φ выполняется равным 45, 60 или 75°. У резцов для расточки ответных малых диаметров и при расточке в упор угол φ берется равным 90°. У отрезных резцов угол φ равняется 80°, у прорезных 90°.

Вспомогательный угол φ_1 , у резцов проходных, при работе без врезания берется равным 5 или 10°; для работы с врезанием до 3 мм 15°; для работы с врезанием свыше 3 мм 20°; у подрезных и расточных 10 или 15°; у расточных резцов, работающих в упор, и подрезных с пластинами из твердых сплавов 20°; у прорезных и отрезных резцов 1, 1° 30' или 2°; у отогнутых сечением до 20×30 мм 45°; у отогнутых сечением свыше 20×30 мм 30°.

Угол наклона главной режущей кромки резца λ (фиг. 79) при передней грани по форме I (фиг. 80) $\lambda = 0^\circ$; при передней грани по формам II и III у токарных проходных и расточных резцов для обдирочных работ $\lambda = +4^\circ$ и для чистовых работ $\lambda = -4^\circ$; у подрезных, прорезных и отрезных резцов $\lambda = 0^\circ$; у резцов строгальных и при обточке прерывистых поверхностей $\lambda = +10^\circ$.

На фиг. 83 показана геометрия проходных резцов, разработанная новаторами производства В. К. Семинским, М. И. Тыркиным и В. М. Никоноровым, П. Б. Быковым и В. А. Колесовым.

Резцы фасонные дисковые и призматические (фиг. 84). Глубина профиля (T) в радиальном сечении у дисковых резцов и в нормальном сечении у призматических резцов не соответствует глубине профиля изделия. Глубина профиля подсчитывается по формулам:

Для дисковых резцов

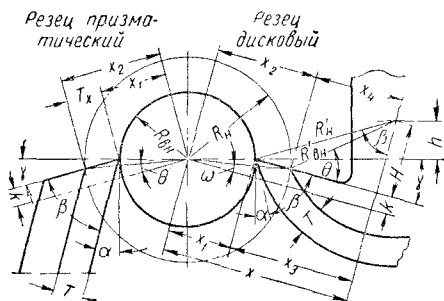
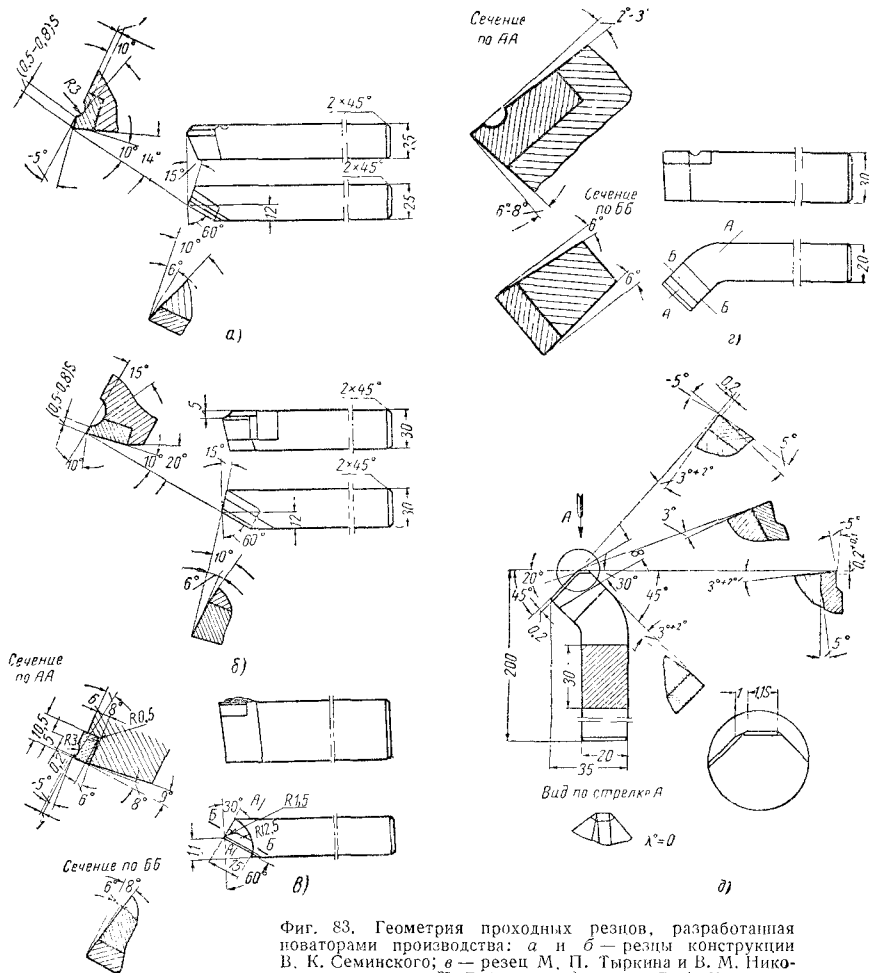
- 1) $H = R'_n \cos \beta$; 8) $x_2 = R_n \cos \omega$;
- 2) $h = R'_n \sin \alpha$; 9) $x_4 = x - x_2$;
- 3) $k = R_{\text{вн}} \sin \gamma$; 10) $\operatorname{tg} \theta = \frac{H}{x_4}$;
- 4) $x_1 = R_{\text{вн}} \cos \gamma$; 11) $R'_{\text{вн}} = \frac{x}{\cos \theta}$;
- 5) $x_3 = R'_n \sin \beta$; 12) $T = R'_n - R'_{\text{вн}} =$
- 6) $x = x_1 + x_3$; $= R'_n - \frac{x_1}{\cos \theta}$;
- 7) $\sin \omega = \frac{K}{R_n}$;

Для призматических резцов

- 1) $x_1 = R_{\text{вн}} \cos \gamma$; 4) $x_2 = R_n \cos \theta$;
- 2) $k = R_{\text{вн}} \sin \gamma$; 5) $T_x = x_2 - x_1$;
- 3) $\sin \theta = \frac{k}{R_n}$; 6) $T = T_x \sin \beta$.

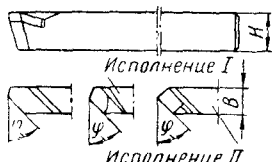
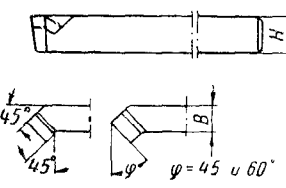
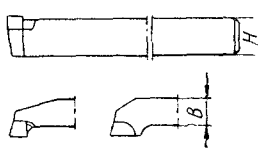
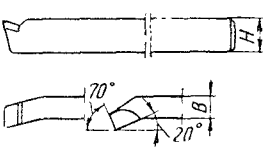
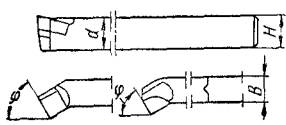
При случае, когда $\gamma = 0$,

$$T = (R_n - R_{\text{вн}}) \cos \alpha.$$

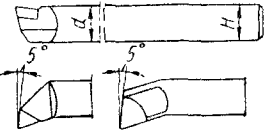

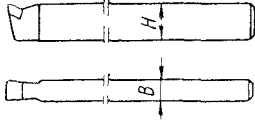
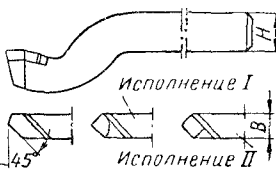
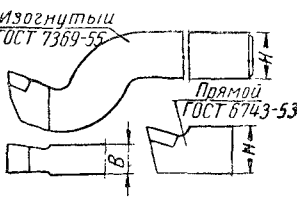


Фиг. 84. Резцы дисковые и призматические.

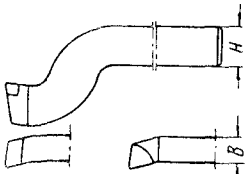
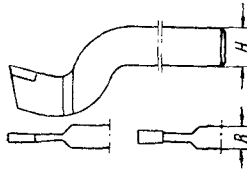
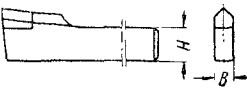
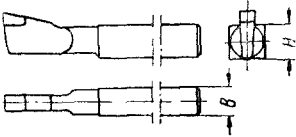
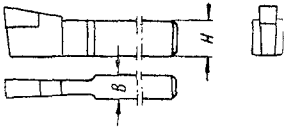
113. Типы резцов с пластинками из быстрорежущей стали (ГОСТ 7359-55) и с напаянными пластинками из твердого сплава (ГОСТ 6743-53)

Наименование резцов	Эскиз	Сечение (В × Н)	№ пластинок из быстрорежущей стали (ГОСТ 2379-44)		№ пластинок из твердого сплава (ГОСТ 2209-55)		
Токарные	Проходные прямые с углами $\varphi=45^\circ$ и 60° правые и левые	 <p>Исполнение I</p> <p>Исполнение II</p>	10×16 12×20 16×16 16×25 20×20 20×30 25×25 25×40 30×30 30×45 40×40 40×60	4401 4402 4402 4403 4403 4404 4404 4405 4405 4406 4406 4407	4501 4502 4502 4503 4503 4504 4504 4505 4505 4506 4506 4507	1003—04 1005—06 1007—08 1007—08 1011—12 1011—12 1015—16 1015—16 1019—20 1019—20 1021—22 1023—24	0103 0105 0107 0107 0111 0111 0115 0117 0119 0119 0121 0121
	Проходные отогнутые правые и левые	 <p>$\psi = 45^\circ$ и 60°</p>	10×16 12×20 16×16 16×25 20×20 20×30 25×25 25×40 30×30 30×45 40×40 40×60	4101 4102 4103 4104 4204 4205 4206		0103 0105 0107 0109 0111 0113 0115 0117 0119 0119 0121 0121	
	Проходные упорные правые и левые		10×16 12×20 16×16 16×25 20×20 20×30 25×25 25×40 30×30 30×45 40×40 40×60	4201 4202 4203 4204 4205 4206		0701 0703—0704 0703—0704 0703—0704 0725—0726 0725—0726 0725—0726 0729—0730 0729—0730 0733—0734 0733—0734 0733—0734	
	Подрезные торцовые правые и левые		10×16 12×20 16×16 16×25 20×20 20×30 25×25 25×40 30×30 30×45 40×40 40×60	4301 4302 4303 4303—4304 4304 4305 4306 4307		1003—1004 1005—1006 1005—1006 1007—1008 1007—1008 1011—1012 1011—1012 1015—1016 1015—1016 1019—1020 1019—1020 1021—1022	
	Расточные с углом $\varphi=45^\circ$ и 60° для сквозных отверстий		12×12 16×16 20×20 25×25	— 4102 4103 4104		1001 1003 1003 1007	






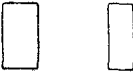






Продолжение табл. 113

Наименование резцов		Эскиз	Сечение ($B \times H$)	№ пластинок из быстрорежущей стали (ГОСТ 1379-44)	№ пластинок из твердого сплава (ГОСТ 2209-55)	
Токарные	Расстоины для глухих отверстий		12×12 16×16 20×20 25×25	— 4601 4602 4603	C604 C604 C604 C606	
	Отрезные правые и левые		10×16 12×20 16×25 20×30 25×40 30×45	4901 4902 4903 4904 4905 4906	1321 1323 1325 1307 1309 1311	
	Чистовые допатоочные		10×16 12×20 16×16 16×25 20×20 20×30 25×25 25×40 30×30 30×45	4101 4102 4103 4104 4105 4106	—	
Строгальные	Проходные изогнутые с углом $\varphi=45^\circ$ — правые и левые		10×16 12×20 16×25 20×30 25×40 30×45 40×60	4401 4402 4403 4404 4405 4406 4407	1003—04 1005—06 1007—08 1011—12 1015—16 1019—20 1021—22	0103 0105 0107 0111 0117 0119 0121
	Чистовые широкие изогнутые		16×25 20×30 25×40 30×45 40×60	4103 4104 4105 4106 4107	0225 0229 0231 0235 0237	


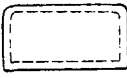











Продолжение табл. 113

Наименование резцов	Эскиз	Сечение ($B \times H$)	№ пластинок из быстрорежущей стали (ГОСТ 2379-44)	№ пластинок из твердого сплава (ГОСТ 2209-55)
Строгальные	Подрезные изогнутые правые и левые	 10×16 12×20 16×25 20×30 25×40 30×45 40×60	4301 4302 4303 4304 4305 4306 4307	0601 0603—0604 0607—0608 0611—0612 0615—0616 0619—0620 0619—0620
	Отрезные, прорезные, изогнутые	 12×20 16×25 20×30 25×40 30×45 40×60	4902 4902 4903 4904 4906 4907	1325 1325 1307 1309—1311 1311—1319—0111 0111—0115—0119
Долбежные	Прокладные двухсторонние с углом $\varphi=45^\circ$	 12×20 16×25 20×30 25×40 30×45 40×60	5401 5402 5403 5404 5405 5406	—
	Для шиночных пазов	 16×16 20×20 25×25 30×30 40×40	5301—5302 5303—5304 5305—5306 5307—5308 5308	—
	Прорезные	 12×20 16×25 20×30 25×40 30×45 40×60	5302 5304 5305—5306 5307 5308 5309—5310	—


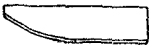


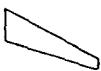



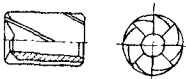

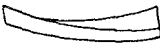
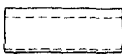

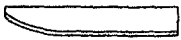
114. Пластины к резцам из быстрорежущей стали (ГОСТ 2379-44)

№ формы	Эскиз	Назначение	№ формы	Эскиз	Назначение
41		Для резцов проходных отогнутых широких чистовых	47		Для резцов резьбовых
42		Для резцов токарных проходных отогнутых, а также для резцов токарных подрезных	48		Для резцов строгальных двусторонних и фасонных
43		Для резцов токарных и строгальных отогнутых подрезных	49		Для резцов отрезных и прорезных
44		Для резцов прямых проходных с $\varphi=45^\circ$ (правые и левые)	50		Для резцов строгальных для строжки ласточкина хвоста
45		Для резцов прямых проходных с $\varphi=60^\circ$ (правые и левые)	53		Для резцов долбежных прорезных
46		Для резцов расточных для глухих отверстий и для строгальных подрезных	54		Для резцов долбежных проходных двусторонних

115. Твердые металлокерамические сплавы (ГОСТ 2209-55)

№ формы	Эскиз	Назначение	№ формы	Эскиз	Назначение
01	<p><i>Тип А</i></p>  <p><i>Тип Б</i></p> 	Для проходных (прямых и отогнутых) чистовых широких, расточных и прорезных резцов	08		Для расточных и проходных резцов с $\varphi=60^\circ$, а также для ножей фрезерных головок
03		Для проходных отогнутых резцов при тяжелой нагрузке	09		Для автоматных резцов
04		Для прямых проходных резцов	10		Для проходных прямых и расточных резцов
06		Для подрезных и расточных резцов при расточке глухих отверстий	11		Для чистовых и резьбовых резцов
07		Для подрезных и проходных резцов	13	<p><i>Тип А</i></p>  <p><i>Тип Б</i></p>  	Для отрезных и прорезных резцов

Продолжение табл. 115

№ формы	Эскиз	Назначение	№ формы	Эскиз	Назначение
14	<p><i>Тип А</i></p> 	Для сверл спиральных и с прямыми канавками	26		Для разверток
	<p><i>Тип Б</i> <i>Тип В</i></p> 		27		Для обливочных зенкеров
			31		Для угловых фрез
16		Для галтельных и бандажных резцов	33		Для проходных резцов с механическим креплением
20		Для торцовых фрез и цековок	35		Для торцовых насадных фрез диаметром от 10 до 22 мм со спиральным зубом
21		Для концевых и шпоночных фрез, зенкеров при обработке глухих отверстий и цековок	36		Для торцовых насадных и концевых фрез диаметром от 10 до 120 мм со спиральным зубом
24		Для дисковых концевых и Т-образных фрез, а также для торцово-цилиндрических	37		Для проходных резцов при работе с большими подачами
25		Для зенкеров при обработке сквозных отверстий			

116. Величина угла фаски γ_2 в градусах

Виды резцов	Материал режущей части резца	
	Мало- или высоколегированные быстрорежущие стали	Твердые сплавы
Токарные	0	— 5
Строгальные и долбежные	+ 5	+ 5

117. Размеры стружколомательного порошка (при подачах не более 1,5 мм)

Глубина резания в мм	Размеры порошка	
	a в мм	ε в град.
2,6—4,0	2,5	20
4,3—8,0	3,0	14
8,5—14,0	3,0	8

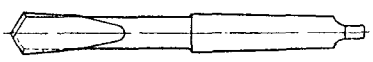
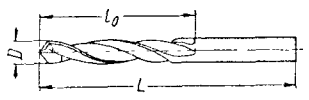
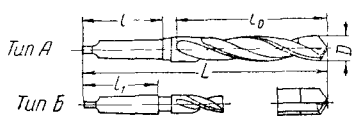
118. Назначение марок металлокерамических твердых сплавов для различных видов работ

Наименование обработки	Обрабатываемый материал			
	Сталь	Чугун	Бронза и цветные металлы	Пластмассовые и неметаллические материалы
	Рекомендуемые марки сплава			
Токарные работы				
Точение обдирочное с ударной нагрузкой	T5K10, T5K6, BK8	BK12, BK8	BK8	—
Точение обдирочное с переменной глубиной резания	T5K10, T5K6, BK8	BK8	BK6, BK8	BK6, BK8
Точение обдирочное при работе с постоянной глубиной резания	T5K6, T15K10, T15K6, T5K6, T30K4, T15K6	BK6, BK8	BK6	BK6, BK8
Точение полубдирочное	T15K10, T5K6, BK8	BK6, BK8	BK6	BK6, BK8, BK3
„ чистовое	T30K4, T15K6	BK3, BK6	BK3, BK6	BK3
„ фасонное и отрезка	T15K10, T5K6, BK8	BK8	BK8, BK6	BK6, BK3
Нарезание резьб начерно	T5K6, T15K6	BK3, BK6	BK8, BK6	BK6
Нарезание резьб в размер (начисто)	T21K8, T15K6, T5K6	BK3, BK6, BK8	BK3, BK6, BK8	BK3, BK6
Точение тонкое наружное и внутреннее (алмазное точение)	T30K4, T15K6	BK3, BK6	BK3	BK3
Точение закаленных сталей	T15K6	—	—	—
Строгальные работы				
Строгание обдирочное	—	BK12, BK8	—	—
„ полубдирочное и чистовое	—	BK8	BK8	—
Сверлильные работы				
Сверление, зенкерование	T5K10	BK8	BK8	BK3
Развертывание и нарезание резьб	T15K6	BK6	BK6	BK3
Фрезерные работы				
Фрезерование с большими подачами и глубинами резания	T5K10	BK8	BK8	BK3
Фрезерование при спокойной нагрузке	T15K6	BK6	—	—
Чистовое фрезерование	T30K4	BK3	—	—

Сверла
119. Типы сверл

Наименование сверл	Эскиз	Применение	Диаметр в мм	№ стандарта
Спиральные с цилиндрическим хвостом длинные		Для сверления отверстий при креплении в патронах или в специальных приспособлениях	$D = 2 \div 20$ $D_0 = 0,25 \div 30$	ГОСТ 886-41 ГОСТ 887-43
Спиральные с цилиндрическим хвостом короткие				
Спиральные с цилиндрическим хвостом левые для автоматов			$D = 1,1 \div 25$	ГОСТ 2090-43
Спиральные с коническим хвостом		Для сверления отверстий при креплении в шпинделе с конусным отверстием или в конусных втулках	$D = 6 \div 80$	ГОСТ 888-41
Спиральные с усиленным коническим хвостом			$D = 12 \div 65$	ГОСТ 889-41
Спиральные с коническим хвостом удлиненные			$D = 6 \div 30$	ГОСТ 2092-43
Спиральные с усиленным коническим хвостом укороченные			$D = 6 \div 55$	ОСТ 20182-40
Спиральные с четырехгранным суживающимся хвостом для трещоток		Для сверления отверстий при креплении сверла в трещотках	$D = 9,5 \div 40$	ОСТ 20231-40
Центровочные		Для сверления центровых отверстий	$D = 0,5 \div 12$	
Центровочные комбинированные для центровых отверстий 60°, без предохранительного конуса		Для обработки центровых отверстий по ОСТ 3725 и ОСТ НКМ 4044	$d = 1 \div 6$, $D_0 = 5 \div 22$	ГОСТ 6694-53
Центровочные комбинированные для центровых отверстий 60°, с предохранительным конусом		Для обработки центровых отверстий по ОСТ 3725 и ОСТ НКМ 4044	$d = 1 \div 6$, $D_0 = 5 \div 22$	—

Продолжение табл. 119

Наименование сверл	Эскиз	Применение	Диаметр в мм	№ стандарта
Перовые		Для сверления твердых поковок и литей, растачивания отверстий на координатно-расточных станках	—	Не стандартизованы
Сверла, оснащенные пластинами из твердых сплавов	С цилиндрическим хвостом 	Сверла с прямыми канавками предназначены для обработки чугуна и закаленной стали, со спиральными канавками для обработки вязких металлов	$d = 5 \div 12$	ГОСТ 6647-53, пластины по ГОСТ 2209-55, форма 14
	С коническим хвостом 		$d = 6 \div 30$	

Материал резцов. В качестве режущей части резцов применяются пластинки из быстрорежущей стали марок Р9 или Р18 по ГОСТ 5952-51 и из твердых сплавов по ГОСТ 3882-53. Стержни резцов изготавливаются из стали 40, 45, 50 по ГОСТ 1050-52, стержни отрезных и расточных резцов—из стали 40Х по ГОСТ 4543-48 или Ст. 6 по ГОСТ 380-50. Твердость быстрорежущей пластинки должна быть в пределах $R_C = 61 \div 65$.

Конструктивные элементы спиральных сверл. Диаметры и габаритные размеры сверл выбираются по ГОСТ 885-41, 886-41, 887-43, 888-41, 889-41, 2090-43, 2092-43, 6647-53, ОСТ 20182-40 и 20231-40.

Размеры цилиндрической ленточки f (фиг. 85) определяются по формулам:

для сверл диаметром 3—10 мм $f = 0,32 \sqrt{d}$;

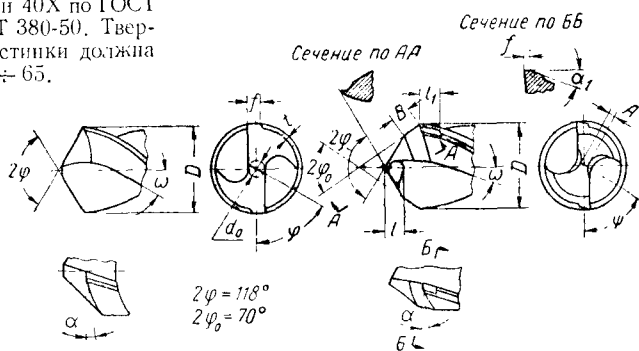
для сверл диаметром 10,5—19,5 мм $f = 0,36 \sqrt{d}$;

для сверл диаметром 20—60 мм $f = 0,45 \sqrt{d}$.

Величина пера t приблизительно равна $0,03 d$.

Диаметр сердцевин d_0 равен $(0,14—0,16) d$.

Диаметр сердцевин d_0 должен равномерно увеличиваться по мере приближе-



Фиг. 85. Размеры режущих элементов сверл.






ния к хвостовику на 1,4—1,8 мм на 100 мм длины рабочей части сверла.

У спиральных сверл диаметром свыше 12 мм производится подточка режущей части по форме, приведенной в табл. 122.

120. Размеры режущих элементов сверл (по фиг. 85)

Диаметр сверла в мм	Заточка			Подточка перемычки		Подточка ленточки		
	Длина второй кромки B в мм	Задний угол α в град.	Угол наклона поперечной кромки ϕ в град.	Длина подточенной поперечной кромки A в мм	Длина подточки l в мм	Длина подточки l_1 в мм	Ширина фаски f в мм	Задний угол α_1 в град.
От 3 до 12	—	14—11	50	—	—	—	0,2—0,4	6—8
Св. 12 до 15	2,5			1,5	3	1,5		
„ 15 „ 20	3,5	12—9	55	2	4	1,5		
„ 20 „ 25	4,5			2,5	5	2		
„ 25 „ 30	5,5			3	6	2		
„ 30 „ 40	7			3,5	7	3		
„ 40 „ 50	9	4		9	3			
„ 50 „ 60	11	11—8		5,5	11	4		
„ 60 „ 70	13			6,5	13	4		
„ 70 „ 80	15			7,5	15	4		

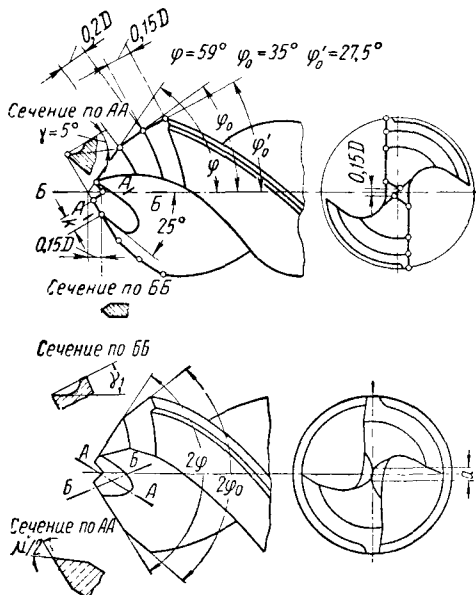
121. Рекомендуемые формы заточки сверл

Диаметр сверл в мм	Формы заточки			Обрабатываемые материалы
	Наименование	Обозна- чение	Эскиз	
От 6,25 до 12	Одиная (нормальная)	Н		Сталь, стальное литье, чугун
	Одиная с подточкой перемычки	НП		Стальное литье ($\sigma_B < 50 \text{ кг/мм}^2$) с неснятой коркой
Св. 12 до 80	Одиная с подточкой перемычки и ленточки	НПЛ		Сталь и стальное литье ($\sigma_B < 50 \text{ кг/см}^2$) со снятой коркой, чугун с неснятой коркой
	Двойная с подточкой перемычки	ДП		Стальное литье ($\sigma_B > 50 \text{ кг/мм}^2$) с неснятой коркой, чугун с неснятой коркой
	Двойная с подточкой перемычки и ленточки	ДПЛ		Сталь и стальное литье ($\sigma_B > 50 \text{ кг/мм}^2$) со снятой коркой, чугун со снятой коркой

122. Элементы заточек и подточек режущих частей у сверл (фиг. 86)

Диаметр сверла в мм	Заточка					Подточка перемычки					
	Углы между режущими кромками в град.		Длина второй режущей кромки B в мм	Задний угол α в град.	Угол наклона попереч- ной кромки ψ в град.	Сталь			Чугун		
	$2\varphi^\circ$	φ_0°				Ширина вилки a в мм	Передний угол γ_1 в град.	Половина угла на- клона $\frac{\varphi}{2}$ в град.	Ширина вилки a в мм	Передний угол γ_1 в град.	Половина угла на- клона $\frac{\varphi}{2}$ в град.
От 12 до 15 Св. 15 до 20 " 20 " 25 " 25 " 30 " 30 " 40 " 40 " 50 " 50 " 60	118	70	2,5 3,5 4,5 5,5 7,0 9 11	4—11 12—9 12—9 12—9 11—8	47	1—1,2 1—1,6 1,2—2 1,2—2,5 1,5—3 2—4 2,5—5	0,3	32—35	1—1,5 1—1,6 1,2—2,5 1,5—3,6 2—4 2,5—5 3—6	3—5	25—28

Поперечная кромка сверла не производит работы резания и в то же время вызывает значительное увеличение усилия подачи.



Фиг. 86. Геометрия режущей части сверла, предложенная В. Жировым.

Подточка поперечной кромки улучшает работу сверла.

Подточка ленточки уменьшает трение о стенку просверливаемого отверстия и повышает стойкость сверла.

Для снижения давления на единицу длины режущей кромки, улучшения отвода тепла и уменьшения толщины стружки в месте сопряжения ленточек с режущими кромками уменьшают угол в плане с образованием дополнительного угла $2\varphi_0$ (фиг. 85).

На фиг. 86 и в табл. 122 дана геометрия режущей части сверла, предложенная новатором производства сверловщиком В. Жировым.

Материал сверл. Сверла изготавливаются из инструментальных углеродистых сталей У12А и У10А по ГОСТ 1435-54, из инструментальной легированной стали 9ХС по ГОСТ 5950-51 и из быстрорежущей стали и ее заменителей по ГОСТ 5952-51.

Твердость термообработанных сверл на длине $\frac{2}{3}$ рабочей части должна находиться в следующих пределах:

а) для сверл из углеродистой и легированной стали диаметром свыше 10 мм $R_C = 61 \div 64$;

б) для сверл из быстрорежущей стали и ее заменителей диаметром от 1 до 5 мм $R_C = 60 \div 64$ и для диаметров свыше 5 мм $R_C = 62 \div 65$.

Твердость лапки конуса сверл должна быть в пределах $R_C = 30 \div 40$.

Технические условия на сверла см. ГОСТ 2034-53.

Зенкеры

Зенкеры применяются для обработки отверстий в литых деталях или после сверления цилиндрических гнезд под

128. Типы зенкоров

Наименование зенкера	Эскиз	Назначение	Размер в мм	№ стандарта
Зенковка 60° центровочная		Предназначаются для обработки центровых отверстий (по ОСТ 3725 и по приложению к ОСТ НКМ 4044) в изделиях, обрабатываемых в центрах	$D_0 = 8$ $d = 0,5 \div 1,5$	ГОСТ 6694-53
Зенковки центровочные для центровых отверстий 60° без предохранительного конуса			$d = 0,5 \div 6$ $D_0 = 2 \div 18$ $L = 35 \div 70$	
Зенковки центровочные для центровых отверстий 60° с предохранительным конусом			$d = 0,5 \div 6$ $D_0 = 2 \div 22$ $L = 35 \div 70$	
Зенковки 60° центровочные с коническим хвостовиком			$D_0 = 22 \div 32$ $L = 135 \div 150$ $d = 8 \div 12$	
Зенкеры с коническим хвостовиком		Предназначаются для обработки чисто отверстий 4-го и 5-го классов точности в литых деталях или предварительно просверленных, для предварительной обработки отверстий 3-го и более высоких классов точности под развертывание	$D = 10 \div 32$	ГОСТ 1676-53
Зенкеры насадные цельные			$D = 25 \div 80$	ОСТ НКТП 3677
Зенкеры насадные со вставными ножами			$D = 40 \div 100$	ГОСТ 2251-51
Зенкеры с коническим хвостом, оснащенные пластинками из твердых сплавов			$D = 18 \div 40$	ГОСТ 3231-55

Наименование зенкера	Эскиз	Назначение	Размер в мм	№ стандарта
Зенковки со сменной направ- ляющей цапфой с коническим хвостовиком		Предназначаются для обра- ботки цилиндрических гнезд с плоским дном под головки винтов и гнезд другого назна- чения, а также для заделки плоскостей бобышек	—	Не стан- дартизо- ваны, изготов- ляются по ведом- ственным нормалам
Зенковки со сменной направ- ляющей цапфой с цилиндрическим хвостовиком под быстросменный патрон			—	
Зенкеры торцо- вые пазовые облицовочные односторонние		Предназначаются для обработки плоскостей бобышек под шайбы, тайки, болты и пр.	—	
Зенкеры торцо- вые пазовые облицовочные двусторонние			—	

головки винтов, плоскостей бобышек, конусных отверстий и т. п.

Зенкеры из быстрорежущей стали изготавливаются хвостовыми и насадными. Насадные зенкеры рекомендуется изготовлять диаметром больше 25 мм. Хвостовые зенкеры выполняются с конусом Морзе по ГОСТ 2847-45 или с цилиндрическим хвостом, устанавливаемым в патрон, по ГОСТ 3009-45.

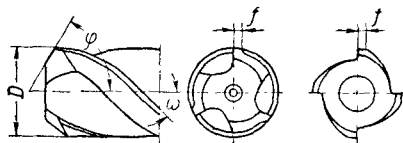
Размеры отверстий и оправок для крепления насадных зенкеров принимаются по ОСТ НКТП 2874 и 3678.

Зенкеры изготавливаются трех- или четырехзубыми. Ширина канавки у трехзубых зенкеров равняется ширине пера (фиг. 87).

Задние углы α у зенкеров, измеренные на наружном диаметре, равны $8-10^\circ$. Величина заднего угла при приближении к оси увеличивается.

Передние углы γ в зависимости от обрабатываемого материала рекомендуется принимать следующие: для твер-

дой стали и твердого чугуна $\gamma = 5^\circ$, для стали средней твердости $\gamma = 8 \div 12^\circ$, для мягкой стали $\gamma = 15 \div 20^\circ$ и для латуни и легких сплавов $\gamma = 25 \div 30^\circ$.



Фиг. 87. Конструктивные элементы зенкеров.

Угол наклона винтовой канавки ω зависит от обрабатываемого материала, конструктивно он принимается равным углу γ .

Для зенкеров общего назначения $\omega = 10 \div 30^\circ$.

Угол наклона режущей кромки λ (см. фиг. 88) у зенкеров из быстрорежущей стали общего назначения равен нулю.

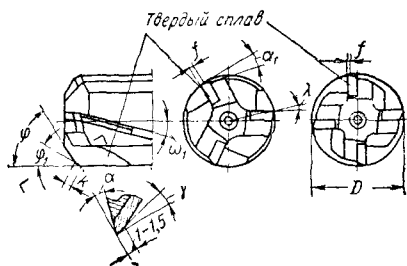
Угол φ (фиг. 87) для обработки чугуна равен $45-60^\circ$, а для обработки стали 60° .

Ширина ленточки f принимается от 0,8 до 2 мм в зависимости от диаметра зенкера.

Шаг винтовой канавки определяется по формуле $T = \pi D \operatorname{ctg} \omega$.

Обратная конусность у зенкеров диаметром до 18 мм выполняется в пределах от 0,04 до 0,08 мм, у зенкеров диаметром более 18 мм от 0,05 до 0,10 мм на 100 мм длины.

Зенкеры, оснащенные пластинками из твердого сплава, также выполняются хвостовыми и насадными. Основные размеры хвостовых зенкеров диаметром от 18 до 40 мм делаются по ГОСТ 3231-55. Зенкеры выполняются трех- и четырехзубыми (фиг. 88).



Фиг. 88. Конструктивные элементы зенкеров, оснащенных твердым сплавом

Геометрические параметры зенкеров с пластинками из твердых сплавов следующие: задний угол $\alpha = 10^\circ$, передний угол $\gamma = 10^\circ$, угол наклона режущей кромки $\lambda = 12^\circ$, угол $\varphi = 60^\circ$.

Ширина цилиндрической ленточки f принимается несколько меньшей, чем у зенкеров из быстрорежущей стали, и равна 0,3—0,8 мм.

Для усиления режущей кромки на зенкерах, оснащенных пластинками из твердого сплава, иногда затачивается дополнительный угол $\varphi_1 = 30^\circ$. Ширина фаски $k = 0,8 \div 1$ мм.

Пластинки твердого сплава по ГОСТ 2209-55, форма № 25.

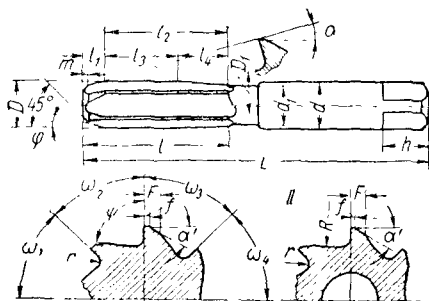
Развертки

Развертки применяются для чистовой обработки отверстий по 2-му и 3-му классам точности после зенкерования и иногда после сверления. При работе вручную комплектом разверток возможно получение отверстий по 1-му классу точности.

Конструктивные элементы разверток приведены на фиг. 89.

Калибрующая часть l_2 состоит из цилиндрического участка l_3 и конусного (обратная конусность) l_4 .

Уменьшение диаметра D_1 против номинального диаметра развертки D принимается у ручных разверток на 0,005—0,01 мм и у машинных на 0,06—0,10 мм.



Фиг. 89. Конструктивные элементы разверток.

На длине калибрующей части развертки при заточке оставляют цилиндрическую ленточку, величина которой принимается при обработке вязких металлов $f = 0,05 \div 0,08$ мм, при обработке чугуна средней твердости и твердой стали $f = 0,25 \div 0,4$ мм. У конических разверток ленточка f не должна превышать 0,05 мм.

Канавки у разверток делают как прямые, так и винтовые. Направление винтовых канавок должно быть обратным направлению рабочего вращения развертки. Зубья располагаются по окружности неравномерно (табл. 128), что улучшает чистоту обрабатываемой поверхности.

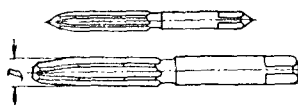

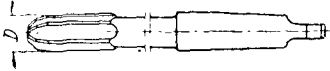
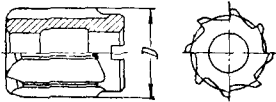

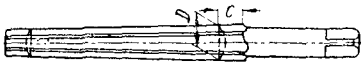
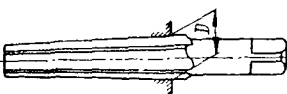
Геометрические параметры режущей части разверток рекомендуются следующие: задний угол на заборном конусе $\alpha = 4 \div 8^\circ$, на цилиндрической части $\alpha_1 = 2 \div 5^\circ$; передний угол $\gamma = 0$.

Угол φ у ручных разверток делается равным $1 \div 130^\circ$, у машинных разверток для обработки хрупких и твердых металлов $\varphi = 3 \div 5^\circ$ и для обработки вязких металлов $\varphi = 12 \div 15^\circ$. У разверток, предназначенных для обработки глухих отверстий, $\varphi = 0$.

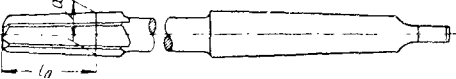

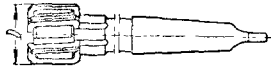
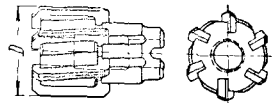
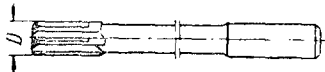
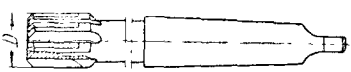
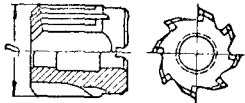
Торец развертки заканчивается радиусом или фаской, срезанной у ручных разверток под углом 45° и у машинных под углом 60° .

Материал разверток. Развертки цельные и ножи сборных разверток изготавливаются из стали марок У10А, У12А, 9ХС или Р9. Изготовление ручных разверток из стали Р9 не допускается.

124. Типы разверток

Наименование разверток	Эскиз	Назначение	Размер в мм	№ стандарта
Развертки ручные цилиндрические		Предназначаются для обработки отверстий по 2-му и 3-му классам точности для работы вручную	$D=3 \div 50$	ГОСТ 7722-55
Развертки машинные цельные с цилиндрическим хвостом		Предназначаются для обработки отверстий по 2-му и 3-му классам точности при работе на сверлильных, токарных и револьверных станках. Крепление в плавающем патроне	$D=3 \div 9$	ГОСТ 1672-53
Развертки машинные цельные с коническим хвостом		То же. Крепление в плавающем патроне	$D=10 \div 32$	
Развертки машинные цельные насадные		То же. Крепление конусным гнездом на плавающей оправке	$D=15 \div 80$	ГОСТ 1672-53
Развертки конические под конические штифты. Конусность 1 : 50		Применяются для обработки отверстий под конические штифты	$D=0,6 \div 50$	ГОСТ 6312-52
Развертки конические. Конусность 1 : 30		Применяются для обработки конических отверстий в зенкерах, развертках и в прочем насадном инструменте	$D=13 \div 50$	ОСТ НКМТ 2516-39
Развертки конические под конус Морзе		Применяются для обработки конических отверстий под инструментальные конусы	№ 0—6	ОСТ НКМТ 2513-39

Продолжение табл. 124

Наименование разверток	Эскиз	Назначение	Размер в мм	№ стандарта
Развертки конические под метрические конусы	—	—	№ 4, 6, 80, 100, 120, 140	ОСТ НКМТ 2514-39
Развертки под коническую резьбу		Применяются для обработки отверстий под коническую резьбу по ГОСТ 6111-52 и 6211-52	$d = 4/10 \pm 0.02$	ГОСТ 6220-52
Развертки ручные		Применяются в основном при ремонтных работах для развертывания отверстий вручную	$D = 6 \div 50$	ГОСТ 3509-47
Развертки с коническим хвостом, со вставными ножами		Предназначаются для обработки сквозных и глухих отверстий в чугуне и стали при работе на станках	$D = 25 \div 10$	ГОСТ 883-51
Развертки насадные со вставными ножами			$D = 10 \div 100$	
Развертки машинные, оснащенные пластинками твердого сплава, с цилиндрическим хвостовиком		Предназначаются для обработки сквозных отверстий по 2-му и 3-му классам точности при работе на станках	$D = 6 \div 9$	ГОСТ 6646-53
Развертки машинные, оснащенные пластинками из твердого сплава, с коническим хвостовиком		в плавающем патроне	$D = 10 \div 32$	
Развертки машинные, оснащенные пластинками из твердого сплава, насадные		То же. Крепление конусным гнездом из плавящей оправки	$D = 34 \div 50$	

125. Длина заборной части машинных разверток Размеры в мм

Диаметр развертки D		3—4,5	5—8	9—10	11—14	15—20	21—30	31—43	44—59	60—78	79—100
l_1	Для стали	1,0	1,2	1,5	1,8	2	2,5	2,8	3	3,5	4
	Для чугуна	5	5,5	6	6,5	7	9	10	11	12	14

126. Число зубьев и размеры в мм
профиля канавок у разверток

D	z	F	φ°	r	R
3—3,5	6	0,25	85	0,3	—
4—4,5	6	0,30	85	0,3	—
5	6	0,40	85	0,3	—
6—8	6	0,50	85	0,3	—
9	6	0,60	85	0,5	—
10	6	0,70	90	0,5	—
11	8	0,70	75	0,5	—
12	8	0,70	75	0,5	—
13—14	8	0,80	75	0,5	—
15—16	8	0,90	75	0,5	—
17—20	8	1,0	80	0,5	—
21—23	10	1,1	80	1,0	—
24—27	10	1,2	—	1,0	25
28—30	10	1,3	—	1,0	25
31—43	12	1,6	—	1,0	25
44—50	14	1,9	—	1,0	25

127. Углы между зубьями у разверток
с неравномерным шагом

Число зубьев	4	6	8	10	12
Угловой шаг	87°55'	58°02'	42°	33°	27°30'
	92°05'	59°53'	44°	34°30'	28°30'
	—	62°05'	46°	36°	29°30'
	—	—	48°	37°30'	30°30'
	—	—	—	39°	31°30'
	—	—	—	—	32°30'

Твердость рабочей части разверток, изготовленных из углеродистой и легированной стали диаметром от 3 до 8 мм, $R_C = 59 \div 63$, диаметром свыше 8 мм $R_C = 60 \div 64$.

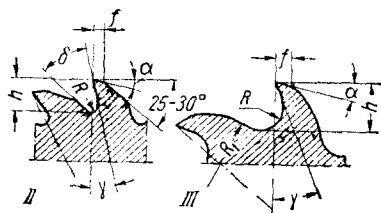
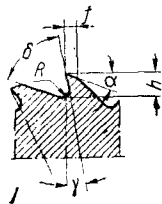
Твердость корпусов $R_C = 30 \div 40$, твердость лапок $R_C = 30 \div 45$.

Технические условия на развертки из быстрорежущей стали стандартизованы ГОСТ 1523-54, а на развертки, оснащенные твердым сплавом, ГОСТ 5735-51.

Фрезы

Фрезы предназначаются для черновой и чистовой обработки плоскостей, пазов, разрезки металлов и для обработки фасонных поверхностей.

Винтовые канавки у фрез применяются с целью повышения чистоты обработанной поверхности, обеспечения более спокойных условий резания и с целью создания определенного направления отвода стружки. При обработке широких поверхностей цилиндрическими фрезами с винтовыми канавками для уравнивания осевых усилий составляется комплект фрез с разным направлением винтовых канавок.

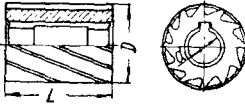
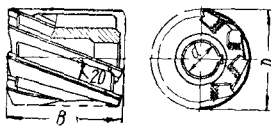
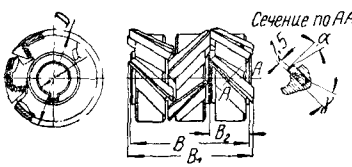
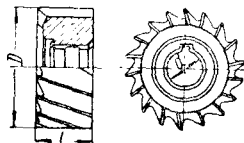
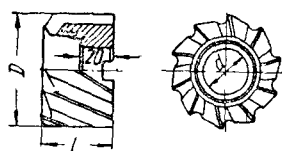
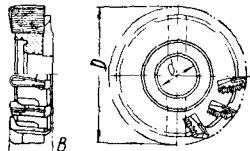


Фиг. 90. Форма зубьев фрез: I — у мелкозубых фрез; II — у крупнозубых фрез; III — у фрез, предназначенных для обработки легких сплавов.

По форме зубьев остроконечные фрезы подразделяются на мелкозубые — форма I и крупнозубые — форма II (фиг. 90). Мелкозубые фрезы применяются на получистовых и отделочных работах, крупнозубые — на более грубых работах.

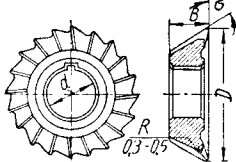

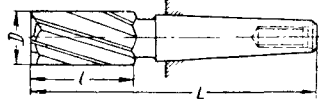
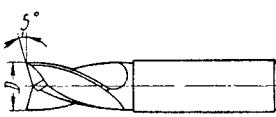
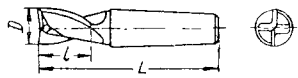
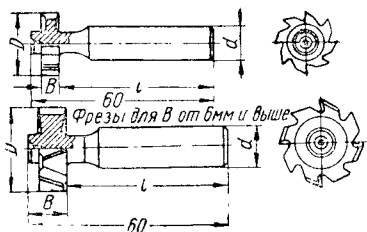
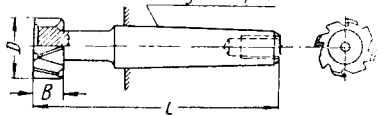
Представленная на фиг. 90 форма III зуба выполняется у фрез, предназначенных для обработки легких сплавов.

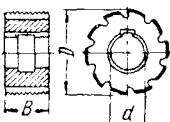
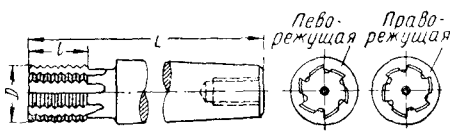
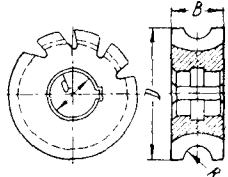
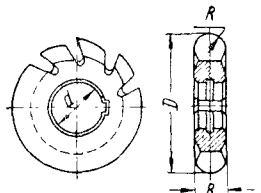
128. Основные типы фрез

Наименование фрез	Эскиз	Назначение	Размер в мм	№ стандарта
Фрезы цилиндрические с мелким зубом		Для обработки плоскостей на горизонтально-фрезерных станках при небольшом съеме металла (для отделочных работ)	$D = 40 \div 90$ $L = 25 \div 150$	ГОСТ 3752-47
Фрезы цилиндрические со вставными ножами одинарные		Для обработки плоскостей на горизонтально-фрезерных станках (для тяжелых работ)	$D = 75 \div 150$ $B = 60 \div 150$	ГОСТ 1979-52
Фрезы цилиндрические со вставными ножами составные		Для обработки плоскостей на горизонтально-фрезерных станках при требовании высокой производительности и плавности в работе	$D = 75 \div 200$ $B = 75 \div 300$	ГОСТ 1979-52
Фрезы торцовые насадные с мелким зубом		Для чистовой обработки плоскостей на вертикально-фрезерных станках	$D = 40 \div 110$ $L = 20 \div 35$	ГОСТ 3753-47
Фрезы торцовые насадные с крупным зубом		То же для черновой обработки одной плоскости или двух взаимно-перпендикулярных плоскостей	$D = 60 \div 110$ $L = 40 \div 60$	ГОСТ 3754-47
Фрезы торцовые насадные со вставными ножами из быстрорежущей стали		Для обработки плоскостей на вертикально- и горизонтально-фрезерных станках	$D = 75 \div 225$ $B = 30 \div 45$	ГОСТ 1092-52, пожи ГОСТ 6214-52

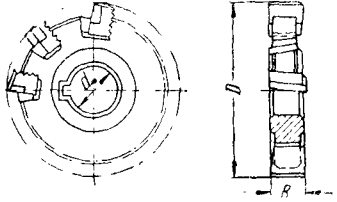
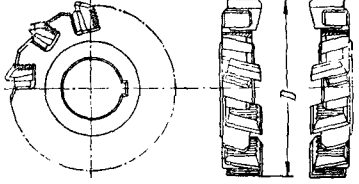
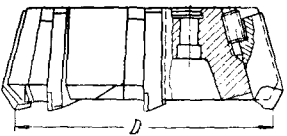
Наименование фрез	Эскиз	Назначение	Размер в мм	№ стандарта
Фрезы дисковые пазовые		Для фрезерования точных пазов и прорезей	$D=60 \div 90$ $B=5 \div 16$	ГОСТ 3964-47
Фрезы дисковые трехсторонние с мелким зубом		То же, когда не требуется особая точность ширины паз	$D=60 \div 110$ $B=6 \div 16$	ГОСТ 3755-47
Фрезы отрезные (пилы круглые)		Для разрезки металлов	$D=75 \div 200$ $B=1 \div 5$	ГОСТ 2679-54
Фрезы прорезные (шлицевые)		Для фрезерования шлицев	$D=40 \div 75$ $B=0,2 \div 5$	
Фрезы дисковые трехсторонние регулируемые быстрорежущие		Для фрезерования пазов. Наиболее употребительны при индивидуальном и мелкосерийном производстве	—	Не стандартизованы, изготавливаются по ведомственным нормам
Фрезы трехсторонние со вставными ножами из быстрорежущей стали		Для фрезерования пазов и прорезей	$D=75 \div 250$ $B=12 \div 40$	ГОСТ 1669-52

Продолжение табл. 128

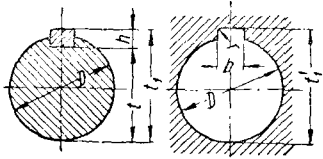
Наименование фрез	Эскиз	Назначение	Размер в мм	№ стандарта
Фрезы одно- угловые		Для фрезе- рования угловых пазов и канавок у инстру- ментов	$D \quad 35 \div 60$ $B \quad 8 \div 20$ $\theta \quad 55, 60,$ $65, 70, 75,$ $80, 85, 90$	—
Фрезы конче- вые с цилиндри- ческим хвостови- ком		Для фрезе- рования горизон- тальных и верти- кальных плоскостей под прямым углом, канавок, выемок, пазов и пр.	$D \quad 3 \div 20$ $L \quad 8 \div 45$	ГОСТ 8237-56
Фрезы конче- вые с коническим хвостовиком			$D \quad 14 \div 50$	ГОСТ 8237-56
Фрезы шпоноч- ные с цилиндри- ческим хвостови- ком		Для фрезе- рования шпоночных пазов	$D \quad 3 \div 20$	ОСТ НКТП 3942
Фрезы шпоноч- ные с коническим хвостовиком		То же	$D \quad 10 \div 40$	ОСТ НКТП 3943
Фрезы с цил- индрическим хвостовиком для пазов сегментных шпонок		Для фрезе- рования выемки под сегментную шпонку	$D \quad 7,5 \div 41$ $B \quad 1,5 \div 10$	ГОСТ 6648-53
Фрезы для ста- ночных Т-образ- ных пазов		Для фрезе- рования Т-образных пазов в сто- лах станков и в приспо- соблениях	$D \quad 17,5 \div 93$ $B \quad 7,5 \div 40$	ГОСТ 7063-54

Наименование фрез	Эскиз	Назначение	Размер в мм	№ стандарта
Фрезы резьбо- вые гребенчатые насадные		Для нарезания метрических и дюймовых резьб на резьбо- фрезерных станках	$D=45 \div 85$ $B=45 \div 85$	ГОСТ 1336-47
Фрезы резьбо- вые гребенчатые хвостовые		Для нарезания внутренних метрических и дюймовых резьб на резьбофре- зерных станках	$D=10 \div 40$ $l=12 \div 53$	
Фрезы полу- круглые вогнутые с затупленным зубом		Для фрезе- рования радиусных выпуклых поверхностей	$D=45 \div 90$ $B=7 \div 38$ $R=1,5 \div 12$	ГОСТ 3963-47
Фрезы полу- круглые выпук- лые с затупленным зубом		Для фрезе- рования радиусных канавок и пазов	$D=45 \div 60$ $R=1,5 \div 12$	ГОСТ 3962-47
Фрезы шпоночные, оснащенные твердым сплавом	С цилиндрическим хвостовиком	Для фрезе- рования шпоночных пазов на специальных фрезерных станках с маятнико- вой подачей	$D=8 \div 16$	ГОСТ 6396-52, пластинка по ГОСТ 2169-55, форма 21
	С кони- ческим хвостови- ком		$D=12 \div 40$	

Продолжение табл. 128

Наименование фрез	Эскиз	Назначение	Размер в мм	№ стандарта
Фрезы трехсторонние со вставными ножами, оснащенными твердым сплавом		Для обработки пазов и прорезей на горизонтально-фрезерных станках	$D=90 \div 350$ $B=10 \div 30$	ГОСТ 5348-50
Фрезы дисковые двусторонние со вставными ножами, оснащенными твердым сплавом		Для обработки одной или двух взаимноперпендикулярных плоскостей на горизонтально- или вертикально-фрезерных станках	$D=90 \div 350$	ГОСТ 6469-53
Фрезы торцовые насадные со вставными ножами, оснащенными твердым сплавом		Для обработки плоскостей на вертикально- и продольно-фрезерных станках	$D=150 \div 600$	ГОСТ 3879-52

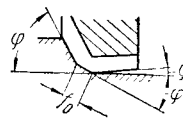
129. Диаметры цилиндрических оправок и отверстий в инструменте (ГОСТ 4020-43)

	Номинальный диаметр D	b (допуск X_5)	h	t (допуск C_4)	t_1	t' (допуск A_7)	r
	8	2	2	6,7	8,7	8,9	0,2
	10	3	3	8,2	11,2	11,5	0,3
	13	3	3	11,2	14,2	14,6	0,4
	16	4	4	13,2	17,2	17,7	0,5
	22	6	6	17,6	23,6	24,1	0,5
	27	6	6	22,6	28,6	29,4	0,8
	32	8	7	27,0	34,0	34,8	0,8
	40	10	8	34,5	42,5	43,5	1,0
	50	12	8	44,5	52,5	53,5	1,0
	60	14	9	54	63,0	64,2	1,2
	70	16	10	63,5	73,5	75,0	1,5
	80	18	11	73	84,0	85,5	1,5
	100	24	14	91	105	107	2,0

Размеры в мм

У фрез концевых, дисковых трехсторонних и пазовых переходные кромки (фаски) делаются с углом $\varphi_0 = 45^\circ$.

Вспомогательный угол в плане φ_1 рекомендуется у фрез отрезных и прорезных при ширине $B \leq 0,8$ мм $\varphi_1 = 6^\circ 15'$; при ширине $B = 0,8 \div 2$ мм $\varphi_1 = 0^\circ 30'$; при ширине $B \geq 3$ мм $\varphi_1 = 1^\circ 30'$; у фрез торцовых, дисковых дву- и трехсторонних и Т-образных $\varphi_1 = 1^\circ 30' \div 2^\circ$; у концевых без торцовых зубьев $\varphi_1 = 8 \div 10^\circ$; у шпоночных $\varphi_1 = 5^\circ$.

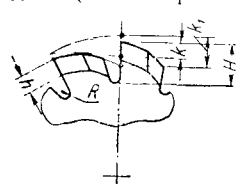


Фиг. 92. Углы в плане.

Фрезы с затылованными зубьями применяются для обработки фасонных поверхностей. Зубья затылованных фрез сохраняют постоянство профиля при переточках. Обычно затыловочная часть зуба выполняется по архимедовой спирали, которая наиболее просто может быть осуществлена в практике производства. Затылование зубьев фрез производится на токарно-затыловочных станках. Величина эксцентриситета кулачка K для затылования зубьев выбирается по формуле

$$K = \frac{\pi D}{z} \operatorname{tg} \alpha,$$

где D — наружный диаметр фрезы; z — число зубьев фрезы; α — угол задней обточки (обычно принимается от 10 до 15°).



Фиг. 93. Форма задней обточки зуба

Глубина канавки H под зубом (фиг. 93) определяется по формуле

$$H = h + k + r,$$

где h — глубина профиля; k — высота затылования; r — радиус закругления канавки.

У фрез, шлифуемых по профилю, производится двойное затылование (фиг. 93). Величина k_1 принимается равной $(1,2 \div 1,5) k$.

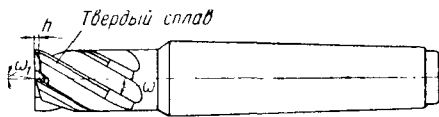
Глубина канавки H при этом определяется по формуле

$$H = h + k + R + \frac{k_1 - k}{2}$$

Фрезы с пластинками из твердого сплава делаются со вставными ножками или с напаянными пластинками.

За последние годы получили распространение фрезы с винтовыми пластинками

из твердого сплава (фиг. 94). Эти фрезы еще не стандартизованы и изготавливаются по ведомственным нормам, как хвостовые.



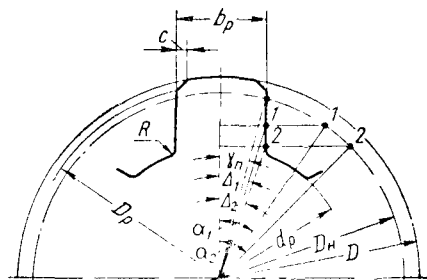
Фиг. 94. Фрезы с винтовыми пластинками из твердого сплава.

выс, как и насадные. На фиг. 94 представлена фреза с винтовыми пластинками по ГОСТ 2209-55.

На торцовых зубьях фрезы затачивается дополнительный угол ω_1 , равный от -3 до $+3^\circ$.

Червячные шлицевые фрезы имеют широкое применение при обработке шлицевых валков. Их распространение обусловливается высокой производительностью и точностью геометрических форм обрабатываемого изделия. Шлицевые червячные фрезы применяются двух типов: фрезы с усиками, когда требуется получить прямоугольный участок на всей высоте шлица, и фрезы без усиков в тех случаях, когда допускается переходная кривая у основания шлица. Порядок расчета профиля зуба аналогичен для обоих типов фрез.

Для расчета червячной шлицевой фрезы необходимо иметь наружный диаметр валика D , внутренний диаметр d , ширину шлица b , величину и угол фаски c на вершине шлица, радиус закругления при основании шлица R и число шлицев n .

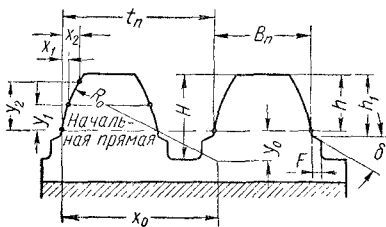


Фиг. 95. Профиль шлица и угловые параметры профиля зуба фрезы.

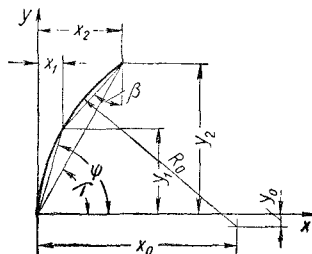
При выборе наружного диаметра фрезы необходимо учитывать, чтобы угол подъема винтовой линии не превышал 7° (фиг. 95, 96 и 97).

Материал фрез. Фрезы в зависимости от назначения изготавливаются из углеродистой стали марок У10А и У12А по ГОСТ 1435-54, из легированной стали марки 9ХС по ГОСТ 5950-51 и из

быстрорежущей стали марок Р9 и Р18 по ГОСТ 5952-51.

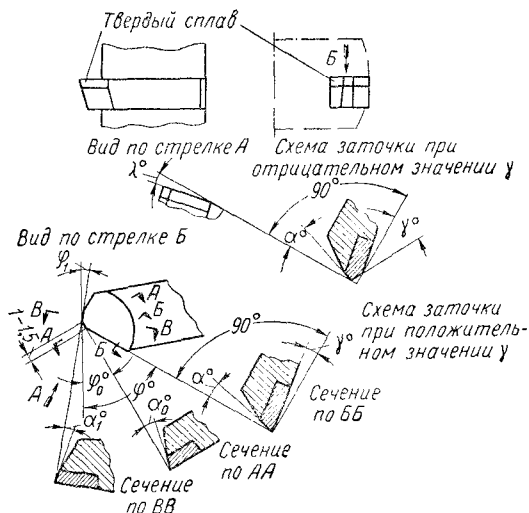


Фиг. 96. Профиль зуба в нормальном сечении.



Фиг. 97. Определение радиуса заменяющей окружности.

134. Геометрические параметры торцовых фрез со вставными ножами, оснащенными твердым сплавом (ГОСТ 3879-52)



Обрабатываемый материал	Углы заточки в град.					
	$\alpha = \alpha_1 = \alpha_{II}$	γ	φ	φ_1	φ_2	λ
Сталь с пределом прочности при растяжении $\sigma_{вр} = 80 \text{ кг/мм}^2$	15	5	60	30	5	10
То же $\sigma_{вр} = 80 \div 120 \text{ кг/мм}^2$	15	-10	60	30	5	10
То же $\sigma_{вр} > 120 \text{ кг/мм}^2$	20	-20	60	30	5	10

135. Расчет червячной шлицевой фрезы без усиков

Определяемый элемент и его обозначение	Формула расчета	Точность опреде- ления	Приме- чание
Наружный расчетный диаметр D_p	$D_p = D_{\max} - 2c_{\min}$	0,1	Фиг. 95
Внутренний расчетный диаметр d_p	$d_p = d_{\min} + 0,25E$		E — допуск на d
Ширина шлица расчет- ная b_p	$b_p = b_{\min} + 0,25E_1$	0,1	E_1 — допуск на b
Диаметр начальной окружности D_H	$D_H = \sqrt{D_p^2 - 0,75b_p^2}$	0,1	Фиг. 95
Угол шлица γ_H	$\sin \gamma_H = \frac{b_p}{D_H}$	1"	Фиг. 95
Высота профиля до на- чальной прямой h	$h = \frac{D_H - d_p}{2}$	0,001	Фиг. 95 и 96
Диаметр окружности первой точки d_1	$d_1 = D_H - h$	0,1	Задается
Угол прямой профиля первой точки α_1	$\cos \alpha_1 = \frac{\sqrt{d_1^2 - b_p^2}}{D_H}$	1"	Фиг. 95
Абсцисса первой точки профиля фрезы x_1	$x_1 = \frac{D_H}{2} [0,017453 (\alpha_1 - \gamma_H) - \cos \alpha_1 (\sin \alpha_1 - \sin \gamma_H)]$	0,00001	Фиг. 96
Ордината первой точки профиля фрезы y_1	$y_1 = \frac{D_H}{2} \sin \alpha_1 (\sin \alpha_1 - \sin \gamma_H)$	0,00001	Фиг. 96
Диаметр окружности второй точки d_2	$d_2 = D_H - 1,8 h$	0,1	Задается
Угол прямой профиля второй точки α_2	$\cos \alpha_2 = \frac{\sqrt{d_2^2 - b_p^2}}{D_H}$	1"	Фиг. 95

Определяемый элемент и его обозначение	Формула расчета	Точность опреде- ления	Приме- чание
Абсцисса второй точки профиля фрезы x_2	$x_2 = \frac{D_H}{2} [0,017453 (\alpha_2 - \gamma_H) - \cos \alpha_2 (\sin \alpha_2 - \sin \gamma_H)]$	0,00001	Фиг. 96
Ордината второй точки профиля фрезы y_2	$y_2 = \frac{D_H}{2} \sin \alpha_2 (\sin \alpha_2 - \sin \gamma_H)$	0,00001	Фиг. 96
Вспомогательный угол φ	$\operatorname{tg} \varphi = \frac{y_1}{x_1}$	1"	Фиг. 97
Вспомогательный угол λ	$\operatorname{tg} \lambda = \frac{y_2}{x_2}$	1"	Фиг. 97
Вспомогательный угол β	$\operatorname{tg} \beta = \frac{x_2 - x_1}{y_2 - y_1}$	1"	Фиг. 97
Радиус, заменяющий кривую профиля окруж- ности, R_0	$R_0 = \frac{x_2 - x_1}{2 \sin (\varphi - \lambda) \sin \beta}$	0,001	Фиг. 97
Абсцисса центра заме- няющей окружности x_0	$x_0 = R_0 \cos (\beta + \varphi - \lambda) + x_2$	0,001	Фиг. 97
Ордината центра заме- няющей окружности y_0	$y_0 = R_0 \sin (\beta + \varphi - \lambda) + y_2$	0,001	Фиг. 97
Шаг витков по нор- мали t_n	$t_n = \frac{\pi D_H}{n}$	0,001	n — число шлицев (фиг. 96)
Толщина зуба фрезы по начальной прямой по нормали B_n	$B_n = D_H \left(\frac{\pi}{n} - \gamma_H \right)$	0,001	γ_H — в ра- дианах (фиг. 96)
Полная высота про- филя h_1	$h_1 = \frac{D_{\max} - 2c_{\min} - D_H}{2} + h$	—	Фиг. 96
Ширина уступа для образования фаски F	$F = 2c$	—	Фиг. 96

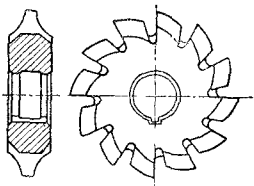
Из углеродистой стали изготавливаются главным образом фрезы, предназначенные для чистовой обработки мягкой стали и легких сплавов на сравнительно низких режимах резания.

Фрезы из быстрорежущей стали применяются при тяжелых работах по корке и в отдельных ответственных случаях при чистовой обработке.

Твердость фрез из углеродистой и легированной стали должна находиться в пределах $R_C = 61 \div 64$ и из быстрорежущей стали $R_C = 62 \div 65$.

Зуборезный инструмент

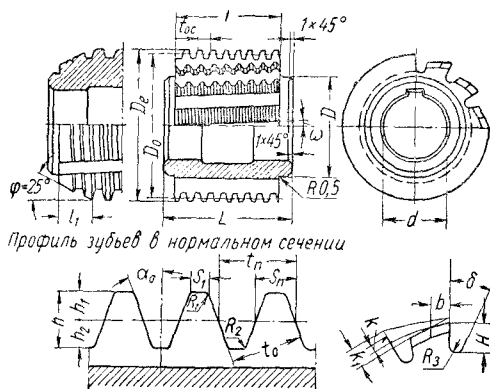
Фрезы дисковые зуборезные (фиг. 98) применяются главным образом в ремонтном деле для нарезания цилиндрических зубчатых колес наружного зацепления с прямыми и косыми зубьями.



Фиг. 98. Фреза дисковая модульная.

Дисковые фрезы изготавливаются наборами из 8, 15 и 26 шт. Каждая фреза предназначена для определенного диапазона числа зубьев нарезаемых колес. Габаритные размеры дисковых зуборезных модульных фрез для модули от 0,3 до 16 мм выполняются по ГОСТ 20181-40.

Червячные зуборезные фрезы (фиг. 99) применяются для черновой, чистовой на-



Фиг. 99. Конструктивные элементы зуборезной червячной фрезы.

136. Набор модульных дисковых фрез

№ фрезы		1	2	3	4	5	6	7	8
из 8 фрез		12—13	14—16	17—20	21—25	26—34	35—54	55—134	
из 15 фрез		1 1 1/2	2 2 1/2	3 3 1/2	4 4 1/2	5 5 1/2	6 6 1/2	7 7 1/2	
из 26 фрез		12 13	14 15—16	17—18	19—20	21—22	23—25	26—29	30—34
из 26 фрез		1 1 1/2	2 2 1/4 2 1/2	3 3 1/4 3 1/2 3 3/4	4 4 1/4 4 1/2 4 3/4	5 5 1/4 5 1/2 5 3/4	6 6 1/4 6 1/2 6 3/4	7 7 1/4 7 1/2 7 3/4	80—134
из 26 фрез		12 13	14 15 16 17 18	19 20 21 22	23 24—25 26—27 28—29 30—31 32—34 35—37 38—41	42—46 47—54 55—65 66—79 80—102 103—134			

резки и под шевингование цилиндрических зубчатых колес внешнего зацепления с прямым и косым зубом. Чистовые червячные фрезы изготавливаются однозаходными, черновые фрезы и фрезы для нарезания колес под шевингование выполняются иногда двух- или трехзаходными. При этом необходимо учитывать, чтобы угол подъема винтовой линии ω не превышал 10° для черновых фрез и 6° для чистовых фрез.

Передний угол γ у чистовых фрез равен 0° , у черновых фрез передний угол иногда делают $5-10^\circ$. Задний угол α_ϕ на вершине зуба принимается $10-12^\circ$.

Чистовые червячные фрезы для модулей от 1 до 20 мм по ГОСТ 3346-46 изготавливаются классов А и В со шлифованным профилем для нарезания зубчатых колес 3-го и 4-го классов точности и класса С с нешлифованным профилем

для колес ниже 4-го класса точности. Зубчатые колеса более высоких классов нарезаются червячными фрезами повышенной точности.

Расчет червячных зуборезных фрез. При расчете червячной фрезы необходимы следующие данные: модуль m , угол зацепления α , число заходов и коэффициент высоты зуба.

Червячные фрезы для червячных колес. У червячной фрезы для нарезания червячных колес модуль, диаметр делительного цилиндра, число заходов и профильный угол должны быть тождественны с основным червяком, сцепляемым с червячным колесом. Порядок расчета и формулы для определения конструктивных элементов зуборезных червячных фрез даны в табл. 137.

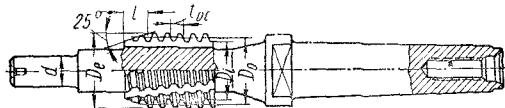
Червячные фрезы при нарезании червячных колес могут иметь радиальную

137. Расчет зуборезной червячной фрезы

Определяемый элемент и его обозначение	Расчетная формула
Шаг по нормали t_n	$t_n = \pi m$; m — модуль
Толщина зуба по нормали S_n	$S_n = \frac{t_n}{2} = \frac{\pi m}{2}$
Высота головки зуба h_1	h_1 равна высоте ножек колеса, равна 1,25 m
Высота ножки зуба h_2	$h_2 = 1,25 m$
Ширина площадки на вершине зуба (по нормали) S_1	$S_1 = S_n - 2h_1 \operatorname{tg} \alpha$
Радиус закругления головки зуба R_1	$R_1 = 0,2m$
Радиус закругления ножки зуба R_2	$R_2 = 0,2m$
Величина затылования K	$K = \frac{\pi D_e}{z} \operatorname{tg} \alpha_\phi$
Величина дополнительного затылования K_1	$K_1 = (1,2-1,5) K$
Задний угол на боковых сторонах α_ϕ	$\operatorname{tg} \alpha_\phi = \operatorname{tg} \alpha \sin \alpha$
Средний диаметр новой фрезы D_0	$D_0 = D_e - 2h_1$
Средний расчетный диаметр D'_0	$D'_0 = D_0 - 0,5K$
Теоретический угол наклона винтовой линии	$\sin \omega = \frac{m}{D'_0}$
Теоретический шаг винтовой канавки T	$T = \pi D'_0 \operatorname{ctg} \omega$
Шаг винта по оси t_{oc}	$t_{oc} = \frac{t_n}{\cos \omega}$
Основной шаг фрезы t_0	$t_0 = t_n \cos \alpha$
Глубина канавки для выхода стружки H	$H = h + K + R_s + \frac{K_1 - K}{2}$

и тангенциальную подачи. Для тангенциальной подачи фрезы снабжаются заборным конусом $\varphi = 20 \div 30^\circ$, длина конуса $l = (2,5 \div 3) t_{oc}$ (фиг. 100).

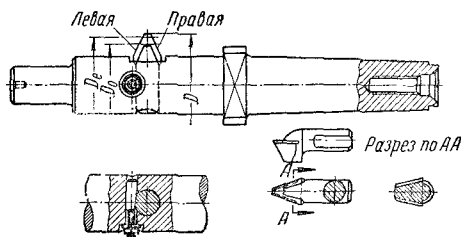
Наружный диаметр фрезы $D = D_e + 2(C + 0,1) m$; наружный диаметр изношенной фрезы $D_{min} = D_e + C$, где D_e — наружный диаметр червяка; C — коэффициент радиального зазора.



Фиг. 100. Фреза червячная с конусным хвостом для червячных колес.

Внутренний диаметр фрезы равен внутреннему диаметру червяка или больше его на величину, равную Cm .

В индивидуальном производстве и в ремонтном деле червячное колесо может быть нарезано летучкой — резцом в оправке (фиг. 101). Профиль резца-летучки



Фиг. 101. Однозубая фреза-летучка для нарезания червячных колес.

должен соответствовать профилю витка в нормальном сечении основного червяка, работающего в паре с червячным колесом. Высота и ширина головки резца принимаются такими же, как зуб у червячной фрезы.

Профиль резца очерчивается по прямым линиям, если основной червяк в нормальном сечении прямоугольный.

В случае архимедова червяка резец профилируется также по прямым линиям, но при этом углы профиля для правой и левой сторон определяются по формулам

$$\begin{aligned} \operatorname{ctg} \alpha_{np} &= \operatorname{ctg} \alpha \mp 0,2 \frac{Dm}{D_0^2}; \quad \operatorname{ctg} \alpha_{лев} = \\ &= \operatorname{ctg} \alpha \pm 0,2 \frac{Dm}{D_0^2}. \end{aligned}$$

Верхние знаки принимаются для правозаходного колеса, нижние — для левозаходного.

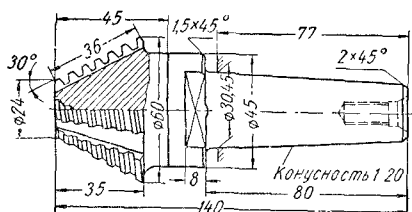
В случае эвольвентного основного червяка профиль резца очерчен по кривой, не являющейся эвольвентой. Окончательная обработка профиля боковых сторон резца проводится на червячношлифовальном или токарном станке. Заточка передней грани резца производится подобно заточке обычных червячных фрез.

Обработка летучками производится с тангенциальной подачей.

Конусные червячные фрезы (фиг. 102) применяются для нарезания конических колес с криволинейным зубом на специальных станках типа Клингельберга модели FK75 и FK200 по методу обкатки. Профиль зуба фрезы располагается на образующей делительного конуса.

Фрезы различаются по модулю, по углу зацепления (15 и 20°), по направлению витков червяка (правозаходные и левозаходные).

При нарезании пары сопряженных колес применяются две фрезы: правозаходная — для нарезания колеса с левым направле-



Фиг. 102. Фреза червячная конусная.

нием зубьев, левозаходная — для колеса с правым направлением зубьев.

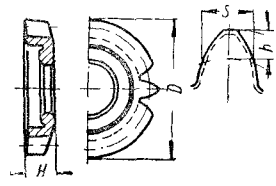
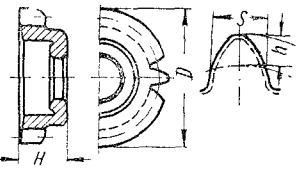
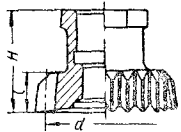
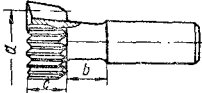
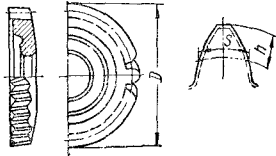
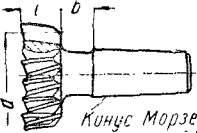
Фрезы изготавливаются из быстрорежущей стали марок P18 или P9.

Материал червячных фрез. Червячные фрезы изготавливаются из стали марок P18 и P9 или 9ХС. Твердость фрез из быстрорежущей стали $R_C = 62 \div 65$, из легированной стали $R_C = 61 \div 63$.

Дольяки зуборезные. Зуборезные долбяки служат для нарезания цилиндрических прямозубых и косозубых зубчатых колес наружного и внутреннего зацепления.

Типы стандартизованных долбяков для 20° -ного зацепления приведены в табл. 138.

138. Типы долбяков

Наименование долбяков	Эскиз	Применение	Мо- дуль	№ стан- дарта
Зуборезные дисковые прямозубые с номинальным делительным диаметром 75 мм		Предназначаются для нарезания прямозубых цилиндрических зубчатых колес наружного зацепления с углом зацепления исходного контура 20°	1—4,5	ГОСТ 321-41
Зуборезные дисковые прямозубые с номинальным делительным диаметром 100 мм			1—8	ГОСТ 322-41
Зуборезные чашечные прямозубые с номинальным делительным диаметром 75 мм		Предназначаются для нарезания прямозубых цилиндрических зубчатых колес наружного зацепления с углом зацепления исходного контура 20°, габаритные очертания которых препятствуют прохождению гайки, крепящей долбяк на шпинделе станка	1—3,5	ГОСТ 323-41
Зуборезные чашечные прямозубые с номинальным делительным диаметром 100 мм			1—7	ГОСТ 324-41
Зуборезные втулочные прямозубые с номинальным делительным диаметром 50 мм		Предназначаются для нарезания прямозубых цилиндрических зубчатых колес внутреннего зацепления	1—3,5	ГОСТ 325-41
Зуборезные хвостовые прямозубые с номинальным делительным диаметром 25 мм			1—2,75	ГОСТ 326-41
Зуборезные дисковые косозубые с номинальным делительным диаметром 100 мм и углом наклона винтовой линии 15°		Предназначаются для нарезания косозубых цилиндрических зубчатых колес наружного зацепления с углом зацепления исходного контура 20° в нормальном сечении и с номинальным углом наклона винтовой линии 15 или 23°	1—7	ГОСТ 327-41
Зуборезные дисковые косозубые с номинальным делительным диаметром 100 мм и углом наклона винтовой линии 23°			1—7	ГОСТ 328-41
Зуборезные хвостовые косозубые с номинальным делительным диаметром 38 мм и углом наклона винтовой линии 15°		Предназначаются для нарезания косозубых цилиндрических зубчатых колес внутреннего зацепления с номинальным углом наклона винтовой линии 15 или 23°	1—4	ГОСТ 329-41
Зуборезные хвостовые косозубые с номинальным делительным диаметром 38 мм и углом наклона винтовой линии 23°			1—4	ГОСТ 330-41

Кинус Морзе
(укороченный)

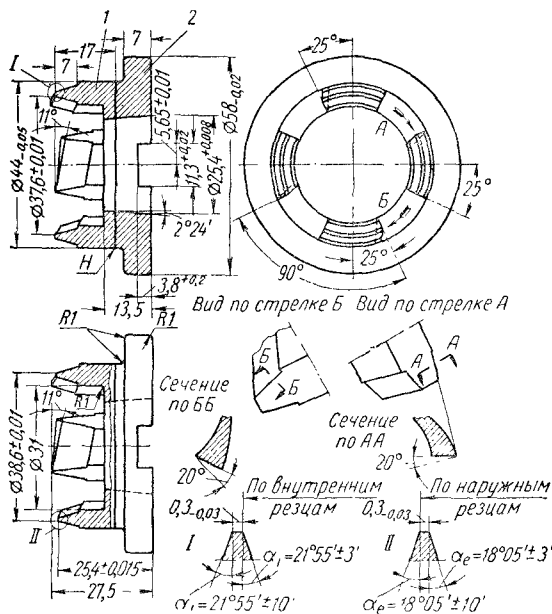
Долбяки изготавливаются из стали марок Р18 и Р9. Твердость режущей части $R_C = 62 \div 65$.

Технические условия по ГОСТ 331-41.

Головки зуборезные. Зуборезные головки (фиг. 103 и 104) применяются для нарезания конических зубчатых колес

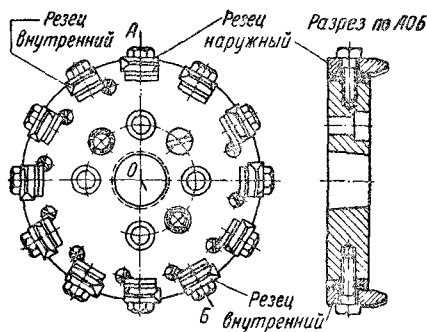
Головки разделяются на односторонние и двусторонние, праворежущие и леворежущие. Для черновой обработки применяются обычно праворежущие, для чистовой — леворежущие головки.

Головки и резцы изготавливаются из быстрорежущей стали (фиг. 105 и 106).



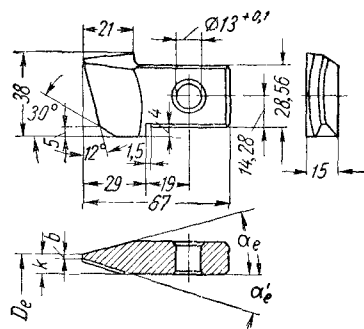
Фиг. 103. Головка зуборезная $1\frac{1}{2}$ " правая.

с зубьями, очерченными по дуге окружности. Для нарезания всего диапазона колес применяются головки $1\frac{1}{2}$, $1\frac{1}{10}$,



Фиг. 104. Головка зуборезная двусторонняя леворежущая со вставными ножками.

$1\frac{1}{2}$ и 2" цельные, $3\frac{1}{2}$, 6, $7\frac{1}{2}$, 9, 12 и 18" со вставными резцами.



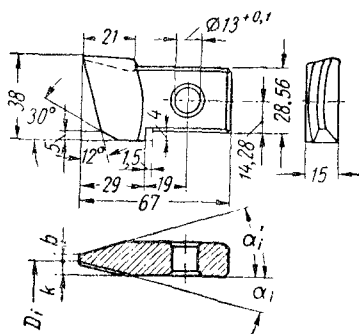
Фиг. 105. Резец леворежущий наружный к головке $1\frac{1}{2}$ ".

Резцы зубострогальные применяются для нарезания конических зубчатых колес наружного зацепления с прямыми зубьями.

Типы резцов и их конструктивные размеры приведены в таблицах 139—142.

Резцы изготавливаются из стали марок Р18 и Р9 по ГОСТ 5952-51. Твердость режущей части $R_C = 62 \div 65$.

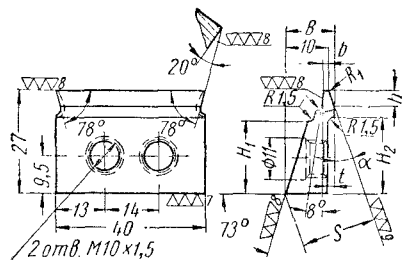
Технические условия по ГОСТ 5392-50.



Фиг. 106. Резец леворежущий внутренний к головке $1\frac{1}{2}$ ".

На станках 25КН и 50КН необходимо применять прокладку толщиной 5,64 мм для угла зацепления 20° и толщиной 4,21 мм для угла зацепления 15° и $14^\circ 30'$.

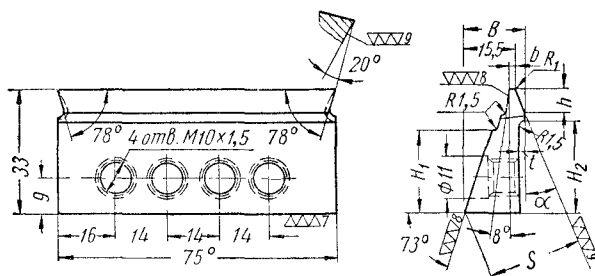
139. Размеры зубострогальных резцов к станку 3". Тип I



Размеры в мм

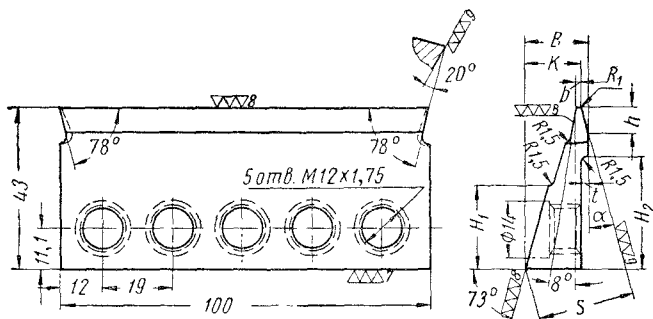
Модуль <i>m</i>	<i>H</i> ₁	<i>H</i> ₂	<i>h</i>	<i>t</i>	Для угла зацепления				S		
					20°		15° и 14°30′		20°	15°	14°30′
					ГОСТ 5392-50		Московский инструмен- тальный завод				
					<i>B</i>	<i>b</i>	<i>B</i>	<i>b</i>			
0,3 0,4	24	21	1	0,5	10,35 10,35	0,12 0,12	10,25 10,30	0,16 0,21	18,63	16,65	16,44
0,5 0,6			1,5		10,55 10,55	0,2 0,2	10,35 10,40	0,27 0,32			
0,7 0,8			2,0		10,75 10,75	0,28 0,28	10,47 10,54	0,37 0,43			
1,0 1,25	20	18	3,2	1	11,15 11,15	0,40 0,40	10,80 10,80	0,55 0,65			
1,5 1,75			4,5		11,60 11,60	0,60 0,60	11,20 11,20	0,80 0,95			
2,0 2,25			5,6	1,5	12,0 12,0	0,80 0,80	11,50 11,50	1,05 1,20			
2,5—2,75			6,6	2,0	12,4	1,0	11,80	1,36			
3—3,25	18	16	8,0	2,4	12,9	1,2	2,15	1,62			

140. Размеры зубострогальных резцов к станку 15КН. Тип II
Размеры в мм

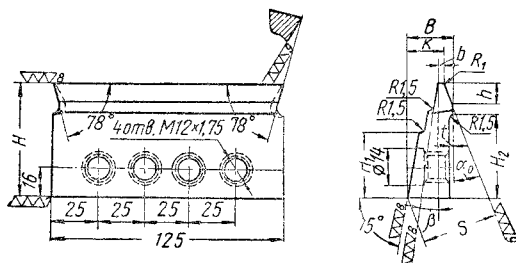


Модуль <i>m</i>	<i>H</i> ₁	<i>H</i> ₂	<i>h</i>	<i>t</i>	Для угла зацепления				S			
					20°		15° и 14°30'		20°	15°	14°30'	
					ГОСТ 5392-50		Московский инструмен- тальный завод					
					<i>B</i>	<i>b</i>	<i>B</i>	<i>b</i>				
0,5 0,6	25	27	1,5	0,5	16,05 16,05	0,20 0,20	15,84 15,90	0,27 0,32	25,85	23,51	23,27	
0,7 0,8			2,0		16,25 16,25	0,28 0,28	15,97 16,04	0,37 0,43				
1,0 1,25	20	26	3,2	1,0	16,65 16,65	0,40 0,40	16,30 16,30	0,55 0,65				
1,50 1,75		24	4,5		17,10 17,10	0,60 0,60	16,70 16,70	0,80 0,95				
2,0 2,25		23	5,6	1,5	17,50 17,50	0,80 0,80	17,00 17,00	1,05 1,20				
2,50 2,75		22	6,6		17,90 17,90	1,0 1,0	17,30 17,30	1,35 1,45				
3,0 3,25		21	8,0		18,40 18,40	1,2 1,2	16,65 17,65	1,60 1,70				
3,50		19	9,4		18,90	1,4	18,00	1,85				
3,75					18,90	1,4	18,00	2,00				
4,0		18	11,0		19,50	1,6	18,45	2,15				
4,25					19,50	1,6	18,50	2,25				
4,5					19,80	1,8	19,00	2,40				
4,75					19,80	1,3	19,00	2,50				
5,0		16,5	12,5		20,40	2,0	19,50	2,65				
5,5					20,40	2,0	19,50	2,90				

141. Размеры зубострогальных резцов к станкам 8, 10, 11, 12, 18^и. 25КН и 50КН. Тип III
Размеры в мм

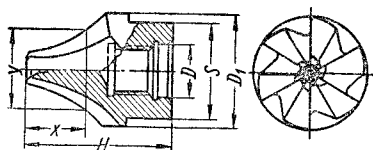


Модуль <i>m</i>	<i>H</i> ₁	<i>H</i> ₂	<i>h</i>	<i>t</i>	Для угла зацепления						<i>S</i>		
					20°			15° и 14°30'					
					ГОСТ 5392-50			МИЗ			20°	15°	14°30'
					<i>B</i>	<i>b</i>	<i>k</i>	<i>B</i>	<i>b</i>	<i>k</i>			
1,0 1,25	30	36	3,0	1,0	14,6 14,6	0,4 0,4	13,5	15,8 15,8	0,55 0,65	15	27,39	25,62	25,29
1,5 1,75		35	4,5		15,1 15,1	0,6 0,6		16,2 16,2	0,80 0,95				
2,0 2,25		33	5,6	15,5 15,5	0,8 0,8	16,5 16,5		1,05 1,20					
2,5 2,75			6,6	15,9 15,9	1,0 1,0	16,8 16,8		1,35 1,45					
3,0 3,25	22,5	31	8,0	1,5	16,4 16,4	1,2 1,2	13,5	17,1 17,1	1,60 1,70	15	27,39	25,62	25,29
3,5 3,75		30	9,4		16,9 16,9	1,4 1,4		17,5 17,5	1,85 2,00				
4,0 4,25 4,5		28	11,0		17,5 17,5 17,5	1,6 1,6 1,8		17,9 17,9 17,9	2,15 2,25 2,40				
5,0 5,5		27	12,5		18,1 18,1	2,0 2,0		18,3 18,3	2,65 2,90				
6,0 6,5		24	15,0		19,0 19,0	2,4 2,4		19,0 19,0	3,20 3,45				
7,0		22	17,5		19,8	2,8		19,7	3,70				
8,0		19	20		20,8	3,2		20,4	4,25				
9,0		20	22,5		21,7	3,6		21,0	4,80				
10,0	25		22,6	4,0	21,0	5,30							

142. Размеры зубострогальных резцов к станку 75КН. Тип IV
Размеры в мм

Модуль <i>m</i>	<i>H</i>	<i>H</i> ₁	<i>H</i> ₂	<i>h</i>	<i>t</i>	<i>k</i>	β	Для угла зацепления				<i>S</i>			Толщина прокладки в мм
								20°		15° и 14°30'		20°	15°	14°30'	
								ГОСТ 5392-50		МИЗ					
								<i>B</i>	<i>b</i>	<i>B</i>	<i>b</i>				
3—3,25 3,5—3,75 4—4,25 4—5 5—5,5	60	40	48 47 45 45 44	8,0 9,4 11,0 11,0 12,5	1,5	20,5	8°	23,4 23,9 24,5 24,5 25,1	1,2 1,4 1,6 1,8 2,0	22,65 23,0 23,5 23,5 23,85	1,60 1,85 2,15 2,40 2,65	39,78	35,33	34,87	9,66
6—6,5 7,0 8,0 9,0 10,0			41 39 36 34 31	15,0 17,5 20,0 22,5 25,0				26,0 26,8 27,8 28,7 29,6	2,4 2,8 3,2 3,6 4,2	24,5 25,2 25,9 26,5 27,2	5,20 3,70 4,25 4,80 5,30				
11,0 12,0			29 26	27,5 30,0				30,5 31,4	4,4 4,8	27,9 28,5	5,85 6,35				
13,0 14,0			41 38	30,0 33,5				41,4 42,7	5,2 5,6	38,5 39,5	6,90 7,40				
15,0 16,0 18,0 20,0			35 33 26 23,5	36,0 38,5 43,2 48,0				30,5	12°	43,6 44,5 46,2 48,0	6,0 6,4 7,2 8,0				
	75					30,5						54,31	48,87	48,31	Не требуется

Зуборезные пальцевые фрезы (фиг. 107) работают по методу фасонного фрезерова-



Фиг. 107. Фреза пальцевая зуборезная.

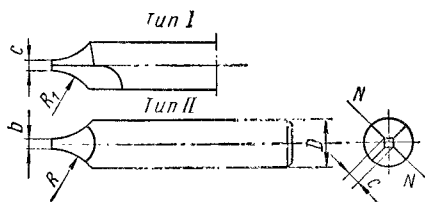
ния. Пальцевые фрезы применяются главным образом для нарезания шевронных колес и цилиндрических колес с прямым и косым зубом крупных модулей — от 10 до 100 мм.

Чистовые пальцевые фрезы, как и дисковые, изготавливаются комплектными из 8, 15 и 26 шт.

Пальцевые фрезы изготавливаются из легированной (9ХС) и из быстрорежущей стали (Р9, Р18).

Зубозакругляющий инструмент. Торцы зубьев у зубчатых колес в зависимости от их назначения иногда подвергают обработке по различного рода криволинейным поверхностям и сканиванию под углом $10-15^\circ$. Обработка производится как по методу копирования, так и по методу обкатки пальцевыми, трубчатыми и червячными фрезами.

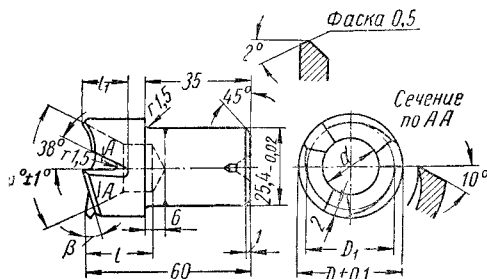
Фрезы пальцевые (фиг. 108) устанавливаются перпендикулярно оси колеса. Обработка ведется путем огибания зуба



Фиг. 108. Фрезы пальцевые для закругления торцов зубьев.

неподвижного колеса по дуге окружности регулируемого радиуса при прерывистом делении заготовки. Фрезы пальцевые проектируются по типу I — затылованные и по типу II — гранные. Профиль фрез может быть очерчен как по дуге окружности, так и по прямым линиям в зависимости от назначения.

У пустотелых фрез (фиг. 109) режущая кромка лежит на образующей внутреннего конуса.



Фиг. 109. Фреза трубчатая для закругления торцов зубьев.

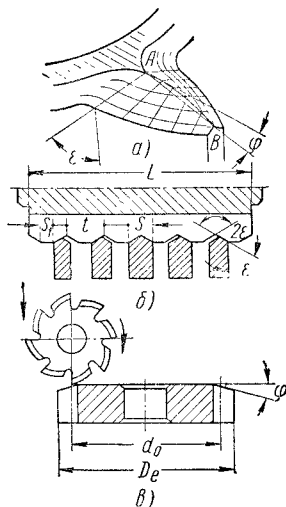
Фреза устанавливается под некоторым углом к плоскости колеса. Обработка зуба может производиться при неподвижном изделии на универсально-фрезерных станках при прерывистом процессе деления. Угол φ принимается от 60 до 120° .

Закругление (заострение) зубьев зубчатых колес может производиться также

червячной фрезой на обычных зубофрезерных станках по методу обкатки.

Схема установки фрезы показана на фиг. 110.

Форма торца зуба, обработанного червячной фрезой, представляет собой эвольвентную винтовую поверхность с прямо-



Фиг. 110. Схема закругления зубьев червячной фрезой: а — эвольвентные скосы, получаемые при закруглении; б — осевая рейка среза; в — схема установки.

линейной образующей, лежащей в плоскости, касательной к основному цилиндру колеса (фиг. 110, а). Взаимное пересечение эвольвентных поверхностей образует криволинейный гребень. Прямая, соединяющая крайние точки кривой гребня А и В, лежащие на основном и наружном диаметре колеса, проходит под углом φ к торцевой плоскости колеса. Угол φ называется углом токарной фаски.

Профиль осевой рейки фрезы представлен на фиг. 110, б.

Ширина режущей впадины S осевой рейки равна толщине зуба шестерни по основной окружности:

$$S = m \left(\frac{\pi}{2} \cos \alpha_0 + 2\xi \sin \alpha_0 + 2 \cos \alpha_0 \times \text{inv } \alpha_0 \right),$$

где m — модуль обрабатываемого колеса; ξ — коэффициент коррекции; α_0 — угол профиля исходной рейки обрабатываемого колеса; $\text{inv } \alpha_0 = \text{tg } \alpha_0 - \alpha_0^*$.

* Значения $\text{inv } \alpha_0$ см. т. I, гл. V, табл. 146 (стр. 527).

Шаг осевой рейки фрезы t определяется по формуле

$$t = \pi m \cos \alpha_0.$$

Наименьшая длина L рабочей части фрезы определяется по формуле

$$L > \sqrt{D_e^2 - d_0^2}.$$

Угол скосов ε принимается не менее 45 и не более 60°.

Угол токарной фаски зависит от угла скосов ε и определяется по формуле

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{d_0 \operatorname{inv} \alpha_e \operatorname{ctg} \varepsilon}{D_e - d_0};$$

$$\cos \alpha_e = \frac{d_0}{D_e}.$$

Установка фрезы при обработке скосов показана на фиг. 110, в. Подача фрезы вертикальная. Одной фрезой можно обрабатывать колеса с различным числом зубьев одного модуля. Обрабатываемые зубья устанавливаются относительно зубьев фрезы при помощи конусного радиального фиксатора.

Обработка эвольвентных скосов зубьев колес внутреннего зацепления производится таким же путем, как и колес наружного зацепления, с той лишь разницей, что фрезы в этом случае должны применяться с односторонними режущими кромками для каждой стороны сечения венца, с разрывом в том месте, в котором фреза касается основного цилиндра.

Толщина зуба фрезы S_1 должна быть такой, чтобы она могла вписываться в самые узкие сечения впадин между зубьями шестерни.

Кроме цилиндрических червячных фрез, для образования эвольвентных скосов применяются конические фрезы, которые пригодны для обработки скосов зубьев колес наружного и внутреннего зацепления, но изготовление их значительно сложнее.

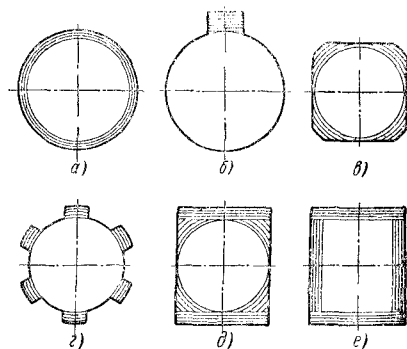
По данному методу можно обрабатывать торцовые скосы не только эвольвентной, но и другой произвольной формы, однако проектирование и изготовление фрез при этом значительно усложняются.

Протяжки

Протяжки представляют собой многолезвийный инструмент, предназначенный для обработки разнообразных форм отверстий и поверхностей. Протягивание

является одним из прогрессивных и производительных методов механической обработки.

На фиг. 111 представлен ряд схем срезания различными типами протяжек, приведенных в табл. 143. Как видно из схем срезания, приращение зубьев протяжек происходит по прямым линиям или по окружности. Приращения зубьев протяжек по более сложным криволинейным образующим обычно избегают.



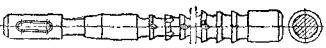
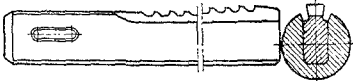

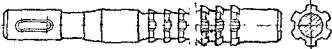

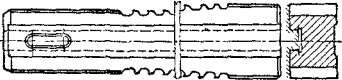
Фиг. 111. Поперечные сечения протяжек: а — протяжка круглая; б — протяжка пиночная; в — протяжка квадратная; г — протяжка шлицевая; д — протяжка комбинированная; е — протяжка плоская.

При обработке прямоугольных отверстий следует избегать применения протяжек, работающих всеми четырьмя сторонами одновременно, так как при этом создаются неблагоприятные условия для вмещения стружки в канавках зуба протяжки и создания положительного переднего угла на зубьях всех четырех сторон протяжки. Резание должно производиться двумя противоположными сторонами попарно.

Многошлицевые протяжки являются сложным и дорогостоящим инструментом. Поэтому в индивидуальном производстве и в ремонтном деле шлицевые отверстия обрабатывают иногда путем протягивания каждой шлицевой канавки в отдельности одношлицевой протяжкой с направлением ее по адаптору. Зуб такой протяжки шлифуется по дуге окружности. Деление по шагу осуществляется путем поворота детали в приспособлении. Радиус установки фиксатора в приспособлении для повышения точности углового шага шлицев желательно принимать по возможности большим.

В целях обеспечения размера и допуска

143. Типы протяжек

Наименование протяжки	Эскиз	Назначение
Круглая		Для обработки цилиндрических отверстий
Одношпоночная		Для обработки шпоночных пазов в базовых отверстиях машинных деталей, применяется с направляющей втулкой
Квадратная		Для обработки квадратных отверстий по методу свободного протягивания
Шлицевая (многошпоночная)		Для обработки шлицевых пазов во многошлицевых соединениях
Плоская одно-сторонняя		Для обработки наружных и внутренних плоскостей с принудительным направлением по базовым направляющим
Плоская двух-сторонняя		Для координатного протягивания сторон прямоугольных отверстий и пазов с принудительным направлением по направляющей шпонке

наружного диаметра шлицев на внутренний диаметр отверстий должен предусматриваться технологический допуск.

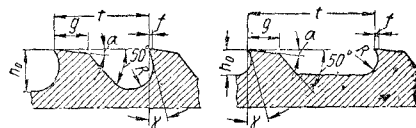
Режущая часть протяжки состоит из режущих и калибрующих зубьев. Число режущих зубьев протяжки z_p определяется величиной припуска под протягивание A и подачи (подъемом) на зуб протяжки Δ .

Число калибрующих зубьев z_k принимается от 3 до 7 в зависимости от требуемой точности и чистоты обрабатываемой поверхности.

На всех режущих зубьях протяжки размещаются в шахматном порядке стружкоделительные канавки с таким расчетом, чтобы ширина стружки не превышала 6—7 мм.

Форма канавок угловая с закругленным дном. Дно канавок рекомендуется снабжать задним углом 4—5°. Ширина канавки $S_k = 0,6 \div 1,5$ мм.

Форма зубьев протяжек. Зубья протяжек выполняются по формам I и II (фиг. 112). Форма I — с очертанием дна



Фиг. 112. Профили зубьев протяжек.

канавки дугой окружности и форма II — с очертанием дна канавки дугой окружности и прямой линией — удлиненная впадина. Наиболее употребительна форма I.

Удлиненный контур впадин по форме II применяют при протягивании длинных отверстий или в тех случаях, когда поперечное сечение протяжки мало и протяжка перегружена. Удлиненный контур

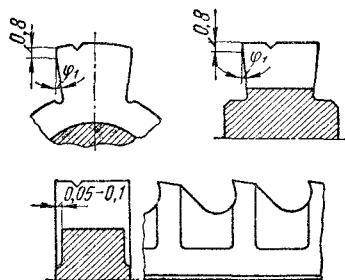
144. Рекомендуемые значения переднего угла γ у протяжек

Обрабатываемый материал	Передний угол γ в град.
Сталь 10, 15, 20, 25, 30, 20Х и 20ХН	15—20
Сталь 40, 45, 50, 40Х, ковкий чугун	12—15
Высокоуглеродистая и легированная инструментальная сталь, чугун ($H_B < 150$)	10
Чугун ($H_B > 150$)	5
Бронза и алюминиевые сплавы	15—20
Латунь	22—25

впадины в этом случае позволяет уменьшить ее глубину с сохранением объема для вмещения стружки.

Калибрующие зубья снабжаются ленточкой $f = 0,2 \div 1,2$ мм.

Боковое подиутрение (фиг. 113) делается у шлицевых, шпоночных и пазовых про-



Фиг. 113. Боковые подиутрения.

тяжек для уменьшения трения протяжки о протягиваемое изделие.

У шлицевых, пазовых и шпоночных протяжек с утолщенным телом величина угла $\varphi_1 = 30' \div 1^\circ$. У плоских шпоночных протяжек с тонким телом вышлифовываются боковые выемки (фиг. 113). Передние углы γ у протяжек измеряются в плоскости, нормальной к режущей кромке.

У протяжек с односторонним расположением зубьев и имеющих свободное движение передний угол не следует принимать более 15° . При $\gamma > 15^\circ$ наблюдается

подхватывание протяжки обрабатываемым материалом.

Во избежание подхватывания протяжки иногда на передней грани зуба подтачи-

145. Рекомендуемые значения заднего угла α у протяжек

Типы протяжек	Задний угол α в град.
Круглые шлицевые, прямоугольные, квадратные (для отверстий 2-го и 3-го классов точности)	2—3
То же для отверстий 4-го и более грубых классов точности	3—4
Шпоночные и плоские с односторонним расположением зубьев	4—5
Наружные протяжки	10
На калибрующих зубьях всех протяжек	1—1,5

вается фаска не более 0,1 мм под углом менее 15° .

Задние углы α у протяжек измеряются в плоскости, совпадающей с направлением рабочего хода протяжки.

Типовой расчет протяжек. Основными исходными данными для расчета протяжек являются окончательные размеры отверстия, размеры исходного отверстия, обуславливающие припуск под протягивание, длина протягиваемого отверстия, материал детали.

Особое значение для эксплуатации протяжек имеет объем канавки зуба для вмещения снимаемой им стружки. *Несоответствие объема канавки количеству снимаемой стружки часто приводит к обрыву протяжки.* Отношение объема канавки к объему стружки, снимаемой зубом, называют коэффициентом заполнения k . Коэффициент k в зависимости от толщины стружки и обрабатываемого материала принимается в среднем равным 4.

Материал протяжек. Материалом для протяжек служит быстрорежущая сталь марок Р9, Р18 и легированная сталь марок ХВГ, 9ХВГ и Х12М. Твердость режущих и калибрующих зубьев должна находиться в пределах $R_C = 61 \div 65$, а твердость хвостовой части $R_C = 35 \div 45$.

146. Схема расчета протяжек

Определяемый элемент и обозначение	Формула расчета	Примечание
Припуск под протягивание A Толщина слоя, срезаемая зубом протяжки, a	— —	Задается Круглыми 0,02—0,08 мм, шлицевыми 0,04—0,12 мм, шпоночными 0,05—0,2 мм
Шаг зубьев протяжки t	$t = (1,5 \div 2) \sqrt{L}$ мм	—
Глубина канавки режущего зуба h_0	$h_0 = (0,35 \div 0,5) t$ мм	—
Максимальное число одновременно работающих зубьев z_{\max} Общая длина периметра режущих кромок одного зуба протяжки l	$z_{\max} = \frac{L}{t} + 1$ —	L — длина протягиваемого отверстия Обуславливается конфигурацией зуба протяжки
Сечение стружки f Усилие протягивания P	$f = at$ мм ² $P = C_p a^x l z_{\max} \kappa \Gamma$	— (См. табл. 147)
Коэффициент заполнения канавки зуба k	$k = \frac{\pi h_0^2}{4aL}$	k — зависит от обрабатываемого материала и в среднем равно 4 (См. табл. 148)
Допускаемое напряжение в $\kappa \Gamma / \text{мм}^2$ $[\sigma]$	—	—
Напряжение по опасному сечению под первым зубом σ	$\sigma = \frac{P}{F}$ $\kappa \Gamma / \text{мм}^2$	F — площадь опасного сечения под первым зубом протяжки
Число режущих зубьев z_p	$z_p = \frac{A}{\Delta}$	—
Число калибрующих зубьев z_k	—	$z_k = 3 \div 7$ в зависимости от точности обрабатываемого отверстия и требований к чистоте поверхности —
Ширина спинки зуба g Радиус закругления под зубом R Длина протяжки L_{np}	$g = (0,25 \div 0,3) t$ мм $R = (0,5 \div 0,75) h_0$ мм $L_{np} = l_1 + (z_p + z_k - 1) t + l_2$	l_2 — длина заднего направления l_1 — длина переднего направления и хвостовика

147. Постоянная C_p и показатель степени x в формуле силы протягивания

Обрабатываемый материал			C_p			Показатель степени x
Наименование	Твердость по Бринеллю	Предел прочности в $\kappa \Gamma / \text{мм}^2$	Шпоночные и пазовые протяжки	Шлицевые протяжки	Круглые протяжки	
Сталь углеродистая конструкционная	До 200 200—230 Св. 230	До 70 70—80 Св. 80	177 202 250	212 230 284	223 242 268	0,85
Сталь легированная конструкционная	До 200 200—230 Св. 230	До 70 70—80 Св. 80	202 250 282	230 284 315	242 268 315	0,85
Сталь хромомолибденовая	250—270	—	—	—	255	0,8
Сталь хромоникельмолибденовая	280—310	—	—	—	290	0,87
Чугун серый	≤ 200 > 200	—	115 137	125 150	95 113	0,73

148. Допускаемое напряжение $[\sigma]$ для протяжек
в кг/мм^2

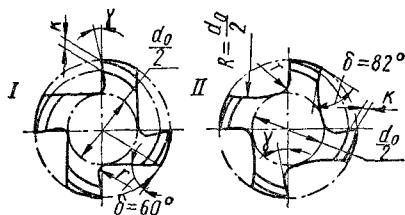
Материал протяжек	Протяжки круглые, пли- левые и мно- гогранные	Протяжки плоские и шпоночные
Быстрорежущая сталь .	35	20
Легированная сталь . . .	30	15

Резьбонарезной инструмент

Метчики. Метчики предназначены для нарезания резьбы в отверстиях вручную и на станках.

Метчики ручные обычно выполняются комплектами из 2—3 шт. в комплекте. Распределение работы между метчиками в комплекте рекомендуется следующее. Для трех комплектных метчиков 56—60% всей работы приходится на черновой метчик, 28—30% на средний метчик и 10—16% на чистовой метчик. Для двух-комплектных метчиков на черновой метчик приходится 75% всей нагрузки и 25% на чистовой метчик.

Основные размеры метчиков регламентированы ГОСТ 6227-52, 1604-54, 1602-43, ОСТ 20128-39, ГОСТ 1603-43, 6951-54, 3266-54. Профиль канавок у метчиков выполняется по фиг. 114.



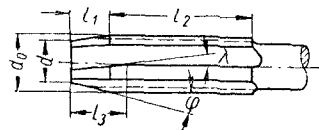
Фиг. 114. Профиль канавок у метчиков.

Форма I применяется у метчиков, предназначенных для нарезания сквозных отверстий с односторонним направлением рабочего хода. Метчики с малым углом δ часто заклиниваются в нарезаемом отверстии при вывертывании, поэтому при двустороннем вращении метчиков рекомендуется профиль канавки выполнять по форме II с увеличенным углом δ .

Угол приемного конуса φ (фиг. 115) у метчиков определяется по формуле

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{d_0 - d}{2l_1},$$

где l_1 принимается для гаечных метчиков $(11 \div 12) S$, ручных черновых $(6 \div 7) S$, средних $(3 \div 3,5) S$ и чистовых $(1,5 \div 2) S$. Диаметр d на переднем торце метчика берется меньше внутреннего диа-



Фиг. 115. Элементы заборной части метчика.

метра резьбы на следующую величину: для диаметров d_0 до 18 мм на 0,1—0,15 мм; от 20 до 39 мм на 0,2—0,25 мм, от 42 до 52 мм на 0,3—0,35 мм.

Передние углы γ у метчиков рекомендуется принимать для обработки бронзового литья $\gamma = 0^\circ$, чугуна и стального литья $\gamma = 10^\circ$; мягкой и вязкой стали $\gamma = 20^\circ$, легких сплавов $\gamma = 40^\circ$.

Задний угол α выполняется на приемном конусе (фиг. 113) путем затылования. Величина K (фиг. 114) определяется по формуле

$$K = \frac{\pi d_0}{z} \operatorname{tg} \alpha.$$

Затылование производится по всему профилю резьбы.

Задний угол у ручных метчиков равен от 2 до 6°, у машинных от 6 до 10°.

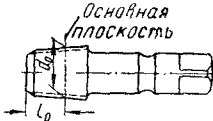
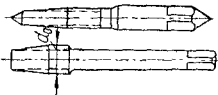
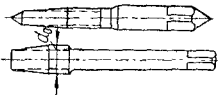

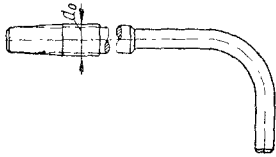
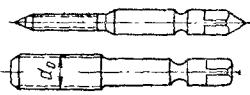


Затылование по калибрующей части l_2 осуществляется только у шлифованных метчиков. Угол затылования от 30' до 1°. На калибрующей части выполняется обратный конус, величина которого равна для ручных метчиков 0,004—0,015 мм, для прочих метчиков 0,008—0,030 мм на 100 мм длины.

У метчиков, предназначенных для обработки сквозных отверстий, иногда передняя кромка на длине l_3 , равной $l_1 + 2 \div 6$ мм, затачивается под углом λ , что способствует лучшему отводу стружки.

Профиль резьбы у метчиков должен соответствовать профилю резьбы нарезаемой гайки.

Допуски на метчики принимаются по ГОСТ 7250-54.

149. Типы метчиков

Наименование метчика	Эскиз	Назначение	Размер	№ стандарта
Для конической резьбы с углом профиля 60° по ГОСТ 6111-52 и для трубной конической резьбы по ГОСТ 6211-52		Для нарезания конической резьбы вручную в плотных резьбовых соединениях	$1/16-2"$	ГОСТ 6227-52
Короткие для метрической резьбы по ОСТ НКТП 32, 92, 271, 272 и 4120 и для дюймовой резьбы по ОСТ НКТП 1260		Для нарезания гаек на токарных и сверлильных станках и вручную	M2—M33 $1/4-1 1/4"$	ГОСТ 1604-54
<div>Гачные</div> <div> <div>Стандартные</div> <div>Длинные</div> </div> Для метрической резьбы по ОСТ НКТП 32, 92, 271, 172 и 4120 и для дюймовой резьбы по ОСТ НКТП 1260		Для нарезания резьбы в гайках на токарно-револьверных и сверлильных станках и вручную. С удлиненным хвостом, на который навинчивается несколько гаек	M3—M33 1M3—1M52 2M6—2M52 3M8—3M52 $1/4-1 1/4"$	
<div>Ручные</div> <div> <div>Для метрической резьбы по ОСТ НКТП 32 и 92</div> <div>Для мелкой метрической резьбы по ОСТ НКТП 271, 272 и 4120</div> <div>Для дюймовой резьбы по ОСТ НКТП 1260</div> </div>		Универсальное применение — для нарезания резьбы в сквозных и глухих отверстиях вручную и на сверлильных станках в реверсивных патронах	M2—M52 1M5—1M52 2M6—2M52 3M8—3M52 $1/4-2"$	ГОСТ 1602-43 ГОСТ 8506-57 ГОСТ 1603-43
Гачные с изогнутым хвостовиком для нарезания резьбы по ОСТ НКТП 32-92, 271, 272, 1260 в гайках из черных металлов		Для нарезания резьб на гайко-резных станках. Изогнутый хвост служит поводком и одновременно позволяет автоматически сбрасывать гайки, не вынимая метчика из патрона	M8—M24 1M5—1M24 2M6—2M24 $1/4-1"$	ГОСТ 6951-54
Машинные для резьбы по ОСТ НКТП 32, 94, 271, 272, 4120, 4121, 1260 и ГОСТ 6357-52		Для нарезания резьбы на станках в специальных патронах, для нарезания как сквозных, так и глухих отверстий	3—52	ГОСТ 3266-54
Для трапецидальной и прямоугольной резьбы		Применяются для калибрования трапецидальной и прямоугольной резьбы	—	Не стандартизованы
Бесканавочные		Применяются для нарезания резьб в сквозных отверстиях за один проход	—	Не стандартизованы. Изготавливаются по ведомственным нормалам

Технические условия на метчики по ГОСТ 3449-54.

Материал метчиков. Метчики изготавливаются из стали марок У10А, У12А, Ф или Р9 и Р18.

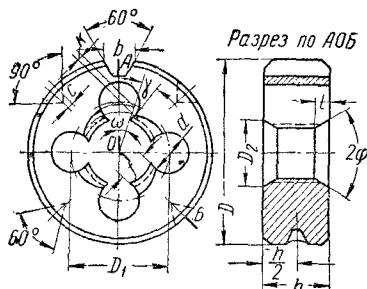
Твердость рабочей части у метчиков, изготовленных из углеродистой и легированной стали, должна лежать в пределах $R_C = 59 \div 62$, а из быстрорежущей стали диаметром до 6 мм $R_C = 61 \div 63$ и свыше 6 мм $R_C = 62 \div 65$.

Твердость квадратов и хвостовиков, не имеющих квадратов, должна быть $R_C = 30 \div 45$.

Плашки круглые. Плашки круглые применяются для нарезания наружной резьбы всех видов на токарных, револьверных станках и вручную.

Основные размеры круглых плашек принимаются по ГОСТ 2173-51.

Заборный конус у плашек делается с обеих сторон. У стандартных плашек $2\varphi = 50^\circ$ (фиг. 116).



Фиг. 116. Конструктивные элементы плашек.

Превышение диаметра D_2 над наружным диаметром резьбы у стандартных плашек принимается для резьбы до 16 мм на 0,1 мм, до 48 мм на 0,2 мм, до 52 мм на 0,3 мм.

Задний угол у плашек выполняется только на заборном конусе. Величина затылования определяется по формуле

$$K = \frac{\pi d}{z} \operatorname{tg} \alpha.$$

По ГОСТ 2173-51 величина K для основной резьбы устанавливается:

Диаметр резьбы в мм	2	2,3	2,6—3,5	4	5—8	9—11	12—16	18—24	27—36	39—45	48—52
Величина K	0,2	0,25	0,3	0,4	0,6	0,8	1	1,25	1,5	2	2,25

(соответствует в среднем заднему углу $\alpha = 6^\circ$.)

150. Диаметр и число перьев у плашек (ГОСТ 2173-51)

Для метрической резьбы по ОСТ НКТП в мм		Для дюймовой резьбы по ОСТ НКТП в дюймах		Диаметр D в мм (X_d)	Число перьев z
94 и 32	271, 272, 4120, 4121, 4122	1260	266		
1—2,6	2—2,6	—	—	16	3
3—5	—	—	—	20	3
5,5—6	$\frac{1}{4}$	—	—	20	4
7—9	$\frac{5}{16}$	—	—	25	4
10—11	$\frac{3}{8} - \frac{7}{16}$	$\frac{1}{8}$	—	30	4
12—14	$\frac{1}{2} - \frac{9}{16}$	$\frac{1}{4}$	—	38	4
16—18	16	$\frac{5}{8}$	$\frac{3}{8}$	45	4
20	18—20	$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{2}$	45	5
22—24	$\frac{7}{8} - 1$	$\frac{5}{8}$	—	55	5
—	—	—	$\frac{3}{4}$	55	6
27—30	$1\frac{1}{8}$	—	—	65	5
33—36	33	$1\frac{1}{4} - 1\frac{3}{8}$	$\frac{7}{8} - 1$	65	6
—	36	—	—	65	7
39—42	—	$1\frac{1}{2} - 1\frac{5}{8}$	$1\frac{1}{8}$	75	6
—	39—42	—	$1\frac{1}{4}$	75	7
45—48	—	$1\frac{3}{4} - 1\frac{7}{8} - 2$	—	90	6
52	45—48	—	$1\frac{3}{8} - 1\frac{1}{2}$	90	7
—	52	—	—	90	8

Материал плашек. Плашки изготавливаются из стали марок 9ХС, Ф, ХГ или У10А и У12А.

Твердость перьев, измеренная по возможности ближе к режущим кромкам, должна быть в пределах $R_C = 58 \div 62$.

Технические условия на плашки по ГОСТ 1679-53.

Выбор шлифовального круга
151. Наружное круглое шлифование

Наименование обрабатываемого материала	Вид шлифования	Шлифовальный круг			
		Материал зерна	Зернистость	Твердость	Связка
Конструкционная сталь незакаленная	Предварительное	Электрокорунд нормальный	24—36	C2 — C1	Керамическая
	Чистовое	То же	46—60	C1 — CM2	"
	Комбинированное	"	46	C2 — C1	"
Сортовая конструкционная углеродистая сталь закаленная	Предварительное	"	36	C1 — CM2	"
	Чистовое	"	60	CM2 — CM1	"
	Комбинированное	"	46	C1 — CM2	"
Сталь высокоуглеродистая и быстрорежущая незакаленная	Предварительное	"	36—46	CM2 — CM1	"
	Чистовое	"	46—60	CM2 — CM1	"
	Комбинированное	"	46	CM2 — CM1	"
То же закаленная	Предварительное	Электрокорунд белый	36—46	CM2 — CM1	"
	Чистовое	То же	46—60	CM2 — CM3	"
	Комбинированное	Электрокорунд нормальный	46	CM2 — CM1	"
Сталь нержавеющая незакаленная	Предварительное	Электрокорунд белый	36	C1	"
	Чистовое	То же	60	CM2	"
	Комбинированное	"	36—46	C1 — CM2	"
Сталь марганцовистая	Предварительное	Электрокорунд нормальный	24	CT1 — C1	"
	Чистовое	То же	46	CT1 — C1	"
	Комбинированное	"	36	CT1 — C1	"
Сталь хромоникелевая 0,3% С, незакаленная	Предварительное	"	24—36	C3 — CM2	"
	Чистовое	"	46—60	C2 — CM2	"
	Комбинированное	"	46	C2 — CM2	"
То же закаленная	Предварительное	"	36	C1 — CM2	"
	Чистовое	"	46—60	C1 — CM2	"
	Комбинированное	"	46	C1 — CM2	"
Твердые сплавы	Предварительное	Карбид кремния зеленый	46	CM1	"
	Чистовое	То же	100	M3	"
	Комбинированное	"	60	M3	"
Чугун серый и ковкий	Предварительное	Карбид кремния черный	24—36	CM2 — CM1	"
	Чистовое	То же	60	CM1	"
	Комбинированное	"	36—46	CM2 — CM1	"
Бронза мягкая	Предварительное	"	24—36	CM1	"
	Чистовое	"	46—60	CM1 — M3	"
	Комбинированное	"	36	CM1	"
Бронза твердая и вязкая	Предварительное	Электрокорунд нормальный	24—36	C1 — CM1	"
	Чистовое	Электрокорунд белый	46—60	C1 — CM1	"
	Комбинированное	Электрокорунд нормальный	46	C1 — CM1	"
Латунь	Предварительное	Карбид кремния черный	36—46	CM2 — CM1	"
	Чистовое	То же	60	CM2 — CM1	"
	Комбинированное	"	46	CM2 — CM1	Бакелитовая

Продолжение табл. 151

Наименование обрабатываемого материала	Вид шлифования	Шлифовальный круг			
		Материал зерна	Зернистость	Твердость	Связка
Алюминий	Предварительное	Карбид кремния черный	36	CM1 — M3	Керамическая
	Чистовое	То же	60	CM1 — M3	"
	То же	Электрокорунд белый	60	CM1 — M3	"
	Комбинированное	Карбид кремния черный	46	CM1 — M3	"
Медь	Предварительное	То же	36—46	CM2 — CM1	Бакелитовая
	Чистовое	"	60—80	CM2 — CM1	"
	То же	"	100	M3	Керамическая
	Комбинированное	Электрокорунд нормальный	70	M3	Бакелитовая
	То же		60	CM2	"

Примечание. При комбинированном шлифовании предварительное и чистовое шлифование выполняется одним кругом.

152. Внутреннее шлифование

Наименование обрабатываемого материала	Вид шлифования	Шлифовальный круг			
		Материал зерна	Зернистость	Твердость	Связка
Сортовая конструкционная углеродистая сталь незакаленная	Предварительное	Электрокорунд нормальный	36—46	C1 — CM1	Керамическая
	Чистовое	То же	46—60	CM2 — CM1	"
	Комбинированное	"	46	CM2 — CM1	"
Сортовая конструкционная углеродистая сталь закаленная	Предварительное	"	46	CM2 — M3	"
	Чистовое	"	60—80	CM2 — M3	"
	Комбинированное	"	46—60	CM2 — M3	"
Сталь высокоуглеродистая и быстрорежущая незакаленная	Предварительное	"	36—46	C1 — CM1	"
	Чистовое	Электрокорунд белый	60	CM2 — CM1	"
	Комбинированное	Электрокорунд нормальный	46	C1 — CM1	"
Сталь высокоуглеродистая и быстрорежущая	Предварительное	То же	36	C1 — CM2	"
	Чистовое	"	46—60	C1 — CM2	"
	Комбинированное	"	46	C1 — CM2	"
Сталь хромоникелевая 0,2% С незакаленная	Предварительное	"	36	C2 — CM2	"
	Чистовое	"	60	C2 — CM2	"
	Комбинированное	"	46	C2 — CM2	"
Твердые сплавы	Предварительное	Карбид кремния черный	46	CM1 — M3	"
	Чистовое	То же	80	CM1 — M3	"
	Комбинированное	"	60	CM1 — M3	"
Чугун серый	Предварительное	"	36—46	CM1 — M3	"
	Чистовое	"	46—60	CM2 — M3	"
	Комбинированное	"	46	CM2 — M3	"
Бронза мягкая	Предварительное	"	36	CM1 — M3	"
	Чистовое	"	46	CM1 — M3	"
	Комбинированное	"	36	CM1 — M3	"

Продолжение табл. 152

Наименование обрабатываемого материала	Вид шлифования	Шлифовальный круг			
		Материал зерна	Зернистость	Твердость	Связка
Бронза твердая и вязкая	Предварительное	Электрокорунд белый	36	CM2 — CM1	Керамическая
	Чистовое Комбинированное	То же "	46—60 46	CM1 — M3 CM1	"
Латунь	Предварительное	Карбид кремния черный	36	CM1 — M3	"
	Чистовое Комбинированное	То же "	46—60 46	CM1 — M3 CM1	"
Алюминий	Предварительное	"	36—46	CM2 — CM3	"
	Чистовое Комбинированное	" "	60 46	CM2 CM1	"

153. Плоское шлифование торцом круга

Наименование обрабатываемого материала	Вид шлифования	Шлифовальный круг			
		Материал зерна	Зернистость	Твердость	Связка
Сортовая конструкционная углеродистая сталь незакаленная	Предварительное	Электрокорунд нормальный	16—24	CM1 — M3	Керамическая
	Чистовое	То же "	24—36 60	CTT — C1 CM1	Бакелитовая
Сортовая конструкционная углеродистая сталь закаленная	"	"	36—46	C1 — CM1	"
	"	Электрокорунд белый	24—36	M3 — M2	Керамическая
Сталь высокоуглеродистая и быстрорежущая незакаленная	"	Электрокорунд нормальный	36	CM1 — M3	"
	"	То же	24—36	C2 — C1	Бакелитовая
Сталь нержавеющая незакаленная	"	"	36—46	CM2 — CM1	"
	"	Электрокорунд белый	36	M3 — M2	Керамическая
Сталь марганцовистая	"	Электрокорунд нормальный	16—24	CM2 — CM1	"
Твердые сплавы	Предварительное	Карбид кремния зеленый	46	M3 — M2	"
	Чистовое Комбинированное	То же "	80—100 60	M3 — M2 M3 — M2	"
Чугун серый и ковкий	Чистовое	Карбид кремния черный	24—36	CM1 — M3	"
	"	То же	24—36	C2 — C1	Бакелитовая
Бронза твердая и мягкая	Предварительное	Электрокорунд нормальный	16—24	CM1 — M3	Керамическая
	Чистовое	Карбид кремния черный	24	C1 — CM1	Бакелитовая
Алюминий	Предварительное	То же	16—24	CM3 — CM2	Керамическая
	Чистовое "	" Электрокорунд белый	24—36 16—24	CM2 — CM1 M3 — M2	Бакелитовая Керамическая
Медь	Предварительное	Карбид кремния черный	12—16	M2 — M1	"
	Чистовое	То же "	24—36 46—60	CM2 — M1 CM2 — CM1	Бакелитовая "

154. Плоское шлифование периферией круга

Наименование обрабатываемого материала	Вид шлифования	Шлифовальный круг			
		Материал зерна	Зернистость	Твердость	Связка
Сортовая конструкционная углеродистая сталь незакаленная	Предварительное	Электрокорунд нормальный	24	CM2 — CM1	Керамическая
	Чистовое	Электрокорунд белый	46	CM2 — CM1	"
	Комбинированное	То же	36	CM1 — M3	"
Сортовая конструкционная углеродистая сталь закаленная	Предварительное	Электрокорунд нормальный	24—36	CM1 — M3	"
	Чистовое	Электрокорунд белый	60	CM1 — M3	"
	Комбинированное	То же	36	CM1 — M3	"
Сталь высокоуглеродистая и быстрорежущая незакаленная	Предварительное	Электрокорунд нормальный	36	CM1 — M3	"
	Чистовое	Электрокорунд белый	60	CM1 — M3	"
	Комбинированное	То же	46	CM1 — M3	"
То же закаленная	Предварительное	"	36	CM1 — M3	"
	Чистовое	"	60	CM1 — M3	"
	Комбинированное	"	46	CM1 — M3	"
Сталь нержавеющая незакаленная	Предварительное	Карбид кремния черный	24—36	CM1 — M3	"
	"	Электрокорунд нормальный	36—46	C1 — CM1	"
	Чистовое	То же	46—60	CM2 — CM1	"
Сталь марганцовистая	Предварительное	"	24	CM2 — CM1	"
	Чистовое	"	46	CM2 — CM1	"
	Комбинированное	"	36	CM2 — CM1	"
Сталь хромоникелевая незакаленная	Предварительное	"	24—36	C1 — CM2	"
	Чистовое	Электрокорунд белый	36—46	CM2 — CM1	"
	Комбинированное	Электрокорунд нормальный	36	C1 — CM2	"
Твердые сплавы	Предварительное сухое	Карбид кремния зеленый	46—60	CM1 — CM2	"
	Предварительное мокрое	То же	60	M3 — M2	"
	Чистовое сухое	"	80—100	CM1 — M3	"
	Чистовое мокрое	"	100	M2	"
	Комбинированное	"	60	M2	"
Чугун серый и отбеленный	Предварительное	Карбид кремния черный	24—36	CM1 — M3	"
	Чистовое	То же	46	CM1 — M3	"
	Комбинированное	"	36	CM1 — M3	"
Бронза мягкая	Предварительное	"	24	CM1 — M3	"
	Чистовое	"	46	CM1 — M3	"
	Комбинированное	"	36	CM1 — M3	"
Латунь	"	"	24—36	CM1 — M3	"
Алюминий	"	"	36	CM2 — CM1	"

155. Хонингование

Вид шлифования	Брусок			
	Материал зерна	Зернистость	Твердость	Связка
Предварительное	Карбид кремния зеленый	100	СМ1	Керамическая
Чистовое	Электрокорунд белый То же	80 150	СМ1 СМ1 — М3	" "

156. Сверхдоводка (суперфиниширование)

Наименование обрабатываемого материала	Брусок			
	Материал зерна	Зернистость	Твердость	Связка
Сталь углеродистая, закаленная	Электрокорунд нормальный	320	СМ1 — М3	Бакелитовая

157. Отрезка

Наименование обрабатываемого материала	Вид отрезки	Скорость шлифов. круга в м/сек	Шлифовальный круг			
			Материал зерна	Зернистость	Твердость	Связка
Сталь сортовая конструкционная углеродистая незакаленная	—	< 45	Электрокорунд нормальный	36—46	СТ2 — СТ1	Вулканитовая
		> 45	То же	36—46	СТ3 — СТ1	Бакелитовая
Сталь сортовая конструкционная углеродистая закаленная	—	< 45	"	46—60	СТ1 — С2	Вулканитовая
		> 45	"	36—46	СТ3 — СТ2	Бакелитовая
Сталь высокоуглеродистая и быстрорежущая	Мокрая Сухая	< 45	Электрокорунд нормальный	24—36	Т1 — СТ3	"
		> 45	То же	36—46	СТ3 — СТ2	"
Сталь высокоуглеродистая и быстрорежущая закаленная	Мокрая Сухая	< 45	"	46—60	С2 — С1	Вулканитовая
		> 45	"	36—46	СТ3 — СТ1	Бакелитовая
Сталь нержавеющая незакаленная	"	> 45	"	36—46	Т1 — СТ3	"
Чугун серый	"	> 45	Карбид кремния черный	24—36	СТ3 — СТ1	"
Бронза мягкая твердая и вязкая	—	—	Электрокорунд нормальный	24—36	Т2 — Т1	"
Латунь	Мокрая Сухая	< 45	То же	46	СТ2 — СТ1	Вулканитовая
		> 45	"	24—36	Т1 — СТ3	Бакелитовая
Алюминий	—	—	"	24	Т1 — СТ3	"
Медь	Мокрая Сухая	< 45	Карбид кремния черный	36	СТ2	Вулканитовая
		> 45	То же	24	СТ3	Бакелитовая

РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ

Появление новых марок твердых сплавов, экспериментальная и практическая работа новаторов-скоростников и научные исследования в области резания металлов позволили значительно повысить применявшиеся в практике скорости резания.

При чистовой обточке стали средней твердости твердосплавными резцами марок Т30К4 и Т60К4 оказывается возможным резать металл со скоростью $v = 300 \div 1000$ м/мин при стойкости резца $T = 20 \div 40$ мин., являющейся достаточной для многих практических случаев.

Опыт новаторов-скоростников показывает, что для достижения высоких режимов резания наряду с правильно выбранной геометрией режущей части инструмента необходимо:

- применять инструмент, конструкция которого обеспечивает необходимую его жесткость;
- работать с возможно меньшим вылетом инструмента;
- обеспечивать жесткое крепление на станке инструмента, приспособления и детали;
- своевременно заменять затупившийся инструмент;
- содержать станок в исправном состоянии.

Обтачивание внешних цилиндрических и конических поверхностей на токарных станках

Подача s определяется исходя из чистоты поверхности, которая должна быть получена в результате обработки.

Величина подачи на один оборот обрабатываемой детали может быть рассчитана по следующей формуле:

$$s = \frac{C_n H_{\max}^y r^{u_n}}{t^{x_n} (\varphi \varphi_1)^{z_n}} \text{ мм/об,}$$

где C_n — коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала и пределов высоты неровностей; H_{\max} — максимальная высота неровности поверхности в мк; r — радиус сопряжения задних поверхностей в мм; t — глубина резания в мм;

φ — главный угол резца в плане в град.; φ_1 — вспомогательный угол резца в плане в град.; u_n , x_n , z_n — показатели степеней, зависящие от обрабатываемого металла.

Скорость резания v определяется после того, как установлены глубина резания и величина подачи.

Для определения скорости резания пользуются формулой

$$v = \frac{C_v}{t^{x_v} s^{y_v}} K \text{ м/мин,}$$

где C_v — коэффициент, зависящий от условий работы и механических свойств обрабатываемого металла; t — глубина резания в мм; s — подача на один оборот обрабатываемой детали в мм; x_v — показатель степени глубины от скорости; y_v — показатель степени подачи от скорости; K — коэффициент, характеризующий конкретные условия работы:

$$K = K_T K_{m_v} K_{c_v} K_{u_v} K_{B_v} K_{q_v} K_{\varphi_v} K_{\varphi_1} K_{r_v} \times \\ \times K_{\phi_v} K_{b_v}.$$

Величины входящих в формулу коэффициентов находятся в зависимости: K_T — от стойкости резца; K_{m_v} — от обрабатываемого металла; K_{c_v} — от состояния металла; K_{u_v} — от марки материала режущей части резца; K_{B_v} — от наличия корки или окалины; K_{q_v} — от сечения резца; K_{φ_v} — от главного угла в плане; K_{φ_1} — от вспомогательного угла в плане; K_{r_v} — от радиуса сопряжения задних граней резца; K_{ϕ_v} — от формы передней грани резца; K_{b_v} — от величины износа задней грани резца.

В табл. 158 и 159 приведены скорости резания в качестве ориентировочных, рассчитанные по приведенным выше формулам при продольном наружном обтачивании конструкционных углеродистых и легированных сталей с пределом прочности $\sigma_a = 75$ кг/мм² быстрорежущими и твердосплавными резцами, соответствующие средним условиям обработки, а в табл. 160—193 — режимы резания для некоторых других видов механической обработки.

158. Скорости резания при продольной обточке конструкционных углеродистых и легированных сталей с пределом прочности $\sigma_B = 75 \text{ кг/мм}^2$ быстрорежущими резцами при стойкости резца $T = 60 \text{ мин.}$

Подача s в мм/об	Глубина резания t в мм	Скорость резания v в м/мин	Подача s в мм/об	Глубина резания t в мм	Скорость резания v в м/мин
0,2	0,5—1,0	170—150	0,8	1,0—1,5	73—66
	1,5—2,0	135—125		2,0—3,0	62—55
0,3	0,5—1,0	147—130		4,0—5,0	51—49
	1,5—2,0	117—108		6,0—8,0	46—43
0,4	1,0—1,5	116—105	0,9	3,0	51
	2,0—3,0	98—88		4,0—5,0	48—45
	4,0—5,0	82—72		6,0—8,0	43—39
	6,0—8,0	73—68	1,0	3,0	48
0,5	1,0—1,5	101—91		4,0—5,0	47—42
	2,0—3,0	84—76		6,0—8,0	40
	4,0—5,0	70—66	1,2	3,0	42
	6,0—8,0	63—58		4,0—5,0	42—37
0,6	1,0—1,5	89—81		6,0—8,0	35—32
	2,0—3,0	75—66	1,4	3,0	39
	4,0—5,0	62—59		4,0—5,0	35—34
	6,0—8,0	56—52		6,0—8,0	32—30
0,7	1,0—1,5	81—73	Примечание. Для определения скоростей резания при расточке приведенные в таблице цифры умножать на 0,9, а при подрезке на 1,2.		
	2,0—3,0	67—60			
	4,0—5,0	56—53			
	6,0—8,0	51—47			

159. Скорости резания v и эффективные мощности $N_{\text{э}}$ при продольной обточке твердосплавными резцами при стойкости резца $T = 60$ мин.

Наименование обрабатываемых материалов															
Подача в мм/об	Конструкционная углеродистая и легированная сталь с пределом прочности $\sigma_B = 75 \text{ кг/мм}^2$						Серый чугун ($H_B = 190$)						Закаленная сталь		
	Марки твердых сплавов														
	Т15К6			Т5К10			ВК8			ВК6			Т15К6		
	t в мм	v в м/мин	$N_{\text{э}}$ в кВт	t в мм	v в м/мин	$N_{\text{э}}$ в кВт	t в мм	v в м/мин	$N_{\text{э}}$ в кВт	t в мм	v в м/мин	$N_{\text{э}}$ в кВт	t в мм	v в м/мин	$N_{\text{э}}$ в кВт
0,05	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,2	109	0,1
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,5	92	0,21
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,0	86	0,39
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,5	81	0,55
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,0	68	0,62
0,1	1	270	1,5	—	—	—	1	122	0,32	1	134	0,35	0,2	93	0,17
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,5	71	0,32
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,0	63	0,56
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,5	55	0,73
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,0	38	0,79
0,2	1	234	2,2	—	—	—	1	107	0,49	1	149	0,54	0,2	75	0,27
	2	207	3,9	—	—	—	2	97	0,9	2	106	1,0	0,5	56	0,51
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,6	45	0,8
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,5	38	1,0
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,0	29	1,04
0,3	1	216	2,8	—	—	—	1	97	0,6	1	106	0,66	0,2	67	0,33
	2	191	4,9	—	—	—	2	90	1,1	2	99	1,2	0,5	47	0,58
	4	169	8,8	—	—	—	4	80	2,0	4	88	2,2	1,0	37	0,93
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,5	31	1,17
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,0	24	1,18
0,4	2	171	5,4	4	99	6,2	2	85	1,3	2	93	1,4	—	—	—
	4	152	9,6	8	87	10,8	4	75	2,2	4	83	2,4	—	—	—
	8	134	16,9	12	81	15,7	8	65	3,9	8	72	4,3	—	—	—
	—	—	—	15	77	18,1	15	58	6,6	15	64	7,2	—	—	—
0,5	2	153	6,0	4	91	6,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	4	141	10,6	8	80	12,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	8	123	18,5	12	73	16,5	2,0	81	1,4	2	89	1,5	—	—	—
	—	—	—	15	70	19,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	4,0	65	2,4	4	75	2,6	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	8,8	59	4,2	8	65	4,6	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	15,0	54	7,2	15	60	8,0	—	—	—
0,6	2	149	6,4	4	86	7,3	2	78	1,6	2	86	1,75	—	—	—
	4	132	11,3	8	76	13,6	4	64	2,6	4	70	2,9	—	—	—
	8	117	20,0	12	70	18,0	8	55	4,5	8	60	5,0	—	—	—
	—	—	—	15	66	21,2	15	50	7,7	15	55	8,5	—	—	—
0,7	4	125	12,1	8	81	7,8	4	59	2,7	4	65	3,2	—	—	—
	8	111	21,5	8	72	13,9	8	52	4,8	8	57	5,3	—	—	—
	—	—	—	12	66	19,3	15	46	8,0	15	51	8,8	—	—	—
	—	—	—	15	63	22,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,0	4	112	14,0	4	72	9,1	4	52	3,1	4	57	3,4	—	—	—
	8	99	25,0	8	65	16,3	8	45	5,4	8	50	5,9	—	—	—
	—	—	—	12	60	22,7	15	41	9,3	15	45	10,8	—	—	—
	—	—	—	15	57	27,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,4	—	—	—	4	64	10,3	4	45	3,5	4	50	3,8	—	—	—
	—	—	—	8	57	18,5	8	40	6,2	8	44	6,8	—	—	—
	—	—	—	12	51	25,3	15	35	10,2	15	39	11,3	—	—	—
	—	—	—	15	48	30	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,0	—	—	—	—	—	—	8	34	6,9	8	37	7,6	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	15	31	11,7	15	34	12,9	—	—	—

Примечание. Скорость резания при расточке определяется путем умножения данной скорости резания на коэффициент 0,9, а при подрезке на коэффициент 1,2.

160. Скорости резания при чистовом и получистовом точении конструкционных углеродистых и легированных сталей с пределом прочности $\sigma_B = 65 \text{ кг/мм}^2$ для керамических терморунодовых резцов при стойкости резца $T=60 \text{ мин.}$

Подача в мм/об	ЦВ-13						ЦВ-18						ЦМ-332					
	Глубина резания t в мм																	
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3	0,5	1,0	1,5	2	2,5	3
Скорость резания в м/мин																		
0,15	259	253	250	248	247	—	235	215	210	205	202	—	467	410	380	360	345	334
0,2	240	235	232	230	229	227	218	202	197	192	189	187	420	367	341	322	309	295
0,25	227	222	219	218	216	215	208	192	187	183	180	178	386	340	314	303	286	275
0,3	220	212	209	207	206	205	200	185	180	176	173	171	360	316	293	277	267	257
0,4	—	—	194	192	191	190	—	—	169	165	163	160	—	—	264	250	240	231
0,5	—	—	—	182	181	179	—	—	—	157	155	153	—	—	—	230	221	213
0,6	—	—	—	—	172	171	—	—	—	—	149	147	—	—	—	—	206	199
0,7	—	—	—	—	—	164	—	—	—	—	—	142	—	—	—	—	—	188

Примечание. Допускаемая величина износа резца по задней грани 0,6—0,9 мм

Примечание. Допускаемая величина износа резца по задней грани 0,6—0,9 мм

161. Скорости резания при чистовом и получистовом точении чугуна $H_B = 220$ керамическими терморунодовыми резцами марки ЦМ-332 при стойкости резца $T=60 \text{ мин.}$

Подача в мм/об	Глубина резания t в мм						Подача в мм/об	Глубина резания t в мм					
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0		0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
	Скорость резания v в м/мин							Скорость резания v в м/мин					
0,15	363	317	285	275	265	255	0,40	—	—	234	226	217	209
0,20	342	299	269	250	248	240	0,5	—	—	—	216	207	200
0,25	327	286	257	248	238	230	0,6	—	—	—	—	200	193
0,30	317	275	248	240	230	221	0,8	—	—	—	—	—	187

Примечание. Допускаемая величина износа по задней грани 0,6 — 0,9 мм.

Примечание. Допускаемая величина износа по задней грани 0,6 — 0,9 мм.

162. Скорости резания и эффективные мощности при отрезке и прорезке резцами из твердых сплавов при стойкости резца $T=60 \text{ мин.}$

Подача в мм/об	Обрабатываемый материал				Подача в мм/об	Обрабатываемый материал			
	Сталь с пределом прочности ($\sigma_B=75 \text{ кг/мм}^2$)		Чугун ($H_B=190$)			Сталь с пределом прочности ($\sigma_B=75 \text{ кг/мм}^2$)		Чугун ($H_B=190$)	
	Марки твердых сплавов								
	Т15К6		ВК6			Т15К6		ВК6	
	v в м/мин	$N_{\text{э}}$ в кВт	v в м/мин	$N_{\text{э}}$ в кВт		v в м/мин	$N_{\text{э}}$ в кВт	v в м/мин	$N_{\text{э}}$ в кВт
	0,04	123	0,24	60		0,06	0,22	70	0,68
0,06	105	0,31	50	0,08	0,3	60	0,87	27	0,21
0,08	96	0,38	45	0,1	0,4	55	1,07	24	0,25
0,1	89	0,44	41	0,11	0,5	50	1,23	22	0,29
0,15	77	0,56	35	0,14					

163. Подачи при грубом растачивании отверстий проходными расточными резцами

Обрабатываемые металлы	Глубина резания t в мм	Диаметр резца в мм					
		10	12	16	20	25	30
		Вылет резца в мм					
		50	60	80	100	125	150
Подача s в мм/об							
Сталь, стальное лите и алюминиевые сплавы	2	< 0,08	≤ 0,10	0,08—0,20	0,15—0,40	0,25—0,70	0,50—1,00
	3	—	< 0,08	≤ 0,12	0,10—0,25	0,15—0,40	0,20—0,50
	5	—	—	≤ 0,08	≤ 0,10	0,08—0,20	0,12—0,30
Чугуны и медные сплавы	2	0,08—0,12	0,12—0,20	0,25—0,40	0,50—0,80	0,90—1,5	—
	3	≤ 0,08	0,08—0,12	0,15—0,25	0,30—0,50	0,50—0,80	0,90—1,20
	5	—	≤ 0,08	0,08—0,12	0,15—0,25	0,25—0,50	0,50—0,70

Примечание. Большие значения подачи соответствуют мягким металлам, меньшие — твердым.

164. Подачи при полустачковом растачивании отверстий

Глубина резания t в мм	Обозначение чистоты поверхности	Диаметр растачиваемого отверстия в мм						
		До 30	30—50	51—80	81—120	121—180	181—260	261—350
Подача в мм/об								
Растачивание нормальными резцами								
До 2	$\nabla\nabla 4$ $\nabla\nabla 5$	0,04—0,08	0,06—0,10	0,08—0,13	0,10—0,15	0,12—0,18	0,15—0,20	0,18—0,25
Растачивание пластинами								
0,3—1,0	$\nabla\nabla 4$ $\nabla\nabla 5$	0,15—0,25	0,20—0,40	0,30—0,50	0,40—0,60	0,50—0,80	0,70—1,00	0,90—1,20
Примечание. Меньшие значения подач относятся к обработке стали и стального литья, большие — к обработке чугунов и обработке при малых глубинах резания.								

Растачивание внутренних цилиндрических и конических поверхностей

Подача s зависит от глубины резания, геометрии режущего инструмента, точности и чистоты обрабатываемой поверхности, от величины резца и его вылета. Практические данные подач сведены в табл. 163, 164 и 165.

165. Поправочные коэффициенты при растачивании отверстий на токарных станках в зависимости от применяемых резцов

Диаметр отверстия в мм	До 75	76—150	151—250	Св. 250
Значения коэффициента	0,80	0,90	0,95	1,00

166. Скорости резания при нарезании резьб резцами по стали 45

Наименование резьбы	Вид обработки	Диаметр резьбы в мм															
		6—7	8—9	10—11	12	14—16	18—22	24—27	30—33	36—39	42—45	48—52	56—60	64—68	85—115	120—175	180—230
		Скорость резания v в м/мин															
Резьба метрическая основная (ОСТ НКТП 32)	Черновая нарезка	42,7	38	31,6	29,8	23,4	31,8	32	32	28	25	25	23	23	—	—	—
	Чистовая нарезка						70,2	61	54	52	47	46	44	41	—	—	—
Резьба метрическая 1-я мелкая (ОСТ НКТП 271)	Черновая нарезка	56	43	43	38	32	32	28	28	28	32	—	—	—	28	—	—
	Чистовая нарезка										61	—	—	—	52	—	—
Резьба трапецидальная	Черновая нарезка	—	—	—	48	—	41	41	35	35	—	28	—	23	20	16	15
	Чистовая нарезка	—	—	—	48	—	41	—	73	73	—	—	—	73	—	59	—

Примечания: 1. Для точных резьб применять один — три зачистных прохода.
 2. При нарезании внутренних резьб скорости резания определяются умножением полученных скоростей резания на коэффициент 0,8—0,85.
 3. При нарезании резьб резцами из стали Х12М, ХВГ и 9ХВГ скорость резания определяется умножением полученной скорости на коэффициент 0,7.
 4. При нарезании резьб резцами из стали У12А и У10А скорость резания определяется умножением полученной скорости на коэффициент 0,5.

167. Скорости резания при нарезании резьб твердосплавными резцами на проход

Обрабатываемый материал	Диаметр резьбы в мм		
	30—45	45—80	80—300
	Скорость резания v в м/мин		
Стали конструкционные углеродистые с пределом прочности $\sigma_B = 75 \text{ кг/мм}^2$	57—80	85—100	100—110
	80—90	57—80	80—100
Стали конструкционные легированные	57—70	70—80	70—80

Примечание. Скорость резания при нарезании внутренней резьбы определяется умножением скорости резания при нарезании наружной резьбы на коэффициент 0,8.

168. Скорости резания и подачи при сверлении углеродистой стали с пределом прочности $\sigma_B = 55 \text{ кг/мм}^2$ сверлами из быстрорежущей стали

Диаметр сверла в мм	Подача s в мм/об																
	0,05	0,08	0,1	0,12	0,15	0,18	0,20	0,25	0,30	0,35	0,4	0,45	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
	Скорость резания v в м/мин																
2	46	32	26	23	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	—	—	42	36	31	26	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	—	—	49	43	36	31	28	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	—	—	—	—	38	35	33	30	27	—	—	—	—	—	—	—	—
14	—	—	—	—	—	—	38	34	31	28	26	—	—	—	—	—	—
20	—	—	—	—	—	—	35	31	29	27	26	—	—	—	—	—	—

Продолжение табл. 168

Диаметр сверла в мм	Подача s в мм/об																
	0,05	0,06	0,1	0,12	0,15	0,18	0,20	0,25	0,30	0,35	0,4	0,45	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
	Скорость резания v в м/мин																
24	—	—	—	—	—	—	—	37	34	31	29	27	26	—	—	—	—
30	—	—	—	—	—	—	—	—	33	30	29	27	26	—	—	—	—
40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	30	28	26	24	23	—	—
50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	30	29	27	25	23	21	—
60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	27	26	25	23	22	21

Примечания: 1. При сверлении сверлами 9ХС скорость резания определяется умножением на коэффициент 0,7.

2. При сверлении сверлами У12А и У10А скорость резания определяется умножением на коэффициент 0,5.

3. При сверлении сверлами ВК8 скорость резания определяется умножением на коэффициент 2.

169. Скорости резания и подачи при зенковании фасок, бобышек и отверстий зенковками из быстрорежущей стали

Диаметр зенкования в мм	Обрабатываемый материал												
	Углеродистая сталь с пределом прочности σ_B в кг/мм ²			Хромоникелевая и ванадиевая сталь с пределом прочности σ_B в кг/мм ²			Чугун НБ		Ковкий чугун НБ		Латунь	Бронза	Алюминий
	45	65—75	85	55	75—85	85—105	150—180	180—220	140—180	180—220			
Скорость резания v в м/мин													
21	14	11	18	12	10	14,5	12	16	13,5	22,5	29	64	
Подача s в мм/об													
15	0,21	0,13	0,11	0,1	0,094	0,092	0,27	0,19	0,25	0,17	0,28	0,28	0,23
20	0,26	0,18	0,14	0,12	0,096	0,093	0,35	0,24	0,31	0,21	0,35	0,35	0,29
25	0,30	0,23	0,18	0,15	0,098	0,096	0,4	0,28	0,37	0,25	0,40	0,40	0,34
30	0,34	0,26	0,21	0,18	0,1	0,096	0,45	0,32	0,42	0,29	0,45	0,45	0,38
35	0,37	0,30	0,24	0,21	0,12	0,098	0,5	0,35	0,46	0,32	0,50	0,50	0,42
40	0,41	0,33	0,27	0,24	0,14	0,1	0,54	0,38	0,50	0,35	0,54	0,54	0,46
45	0,44	0,36	0,29	0,26	0,15	0,11	0,58	0,41	0,54	0,38	0,58	0,58	0,49
50	0,47	0,38	0,32	0,28	0,17	0,12	0,61	0,44	0,57	0,41	0,61	0,61	0,52
55	0,49	0,41	0,34	0,30	0,19	0,13	0,64	0,46	0,60	0,43	0,64	0,64	0,54
60	0,52	0,43	0,36	0,32	0,20	0,14	0,66	0,48	0,63	0,45	0,66	0,66	0,57
65	0,54	0,44	0,37	0,34	0,21	0,15	0,69	0,50	0,65	0,47	0,69	0,69	0,59
70	0,55	0,45	0,39	0,35	0,22	0,16	0,71	0,52	0,68	0,49	0,71	0,71	0,61
75	0,57	0,46	0,40	0,36	0,23	0,16	0,73	0,54	0,69	0,50	0,73	0,73	0,62
80	0,58	0,47	0,41	0,37	0,23	0,16	0,74	0,55	0,71	0,51	0,74	0,74	0,63
85	0,59	0,48	0,42	0,38	0,24	0,17	0,75	0,56	0,72	0,52	0,75	0,75	0,64
90	0,60	0,49	0,43	0,39	0,24	0,17	0,76	0,57	0,73	0,53	0,76	0,76	0,65

Примечание. При зенковании зенковкой из углеродистой инструментальной стали подачи надо умножить на коэффициент 0,5.

170. Скорости резания при развертывании цилиндрических отверстий в углеродистой стали развертками из быстрорежущей стали

Диаметр развертки в мм	Подача s в мм/об										
	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
	Скорость резания v в м/мин										
15	14,5	12,5	11,0	10,5	9,0	8,5	8	—	—	—	—
20	14	12	10,5	9,5	9,0	8,0	8	—	—	—	—
25	12,5	11	10	9	8,5	8	8	7	6	—	—
30	12,5	11	9,5	8,5	8,0	7	7	6	5	4,8	4,3
40	11,5	10	9	8	7,5	7	6,5	5,5	5	4,5	4
50	11,5	10	9	8	7,5	7	6,5	5,5	5	4,5	4
60	11,5	10	9	8	7,5	7	6,5	5,5	5	4,5	4
80	12	10	9	8,5	8,0	7	6,5	5,5	5	4,5	4

Примечания: 1. Для разверток из стали Х12М и 9ХВГ скорость резания определяется умножением данных скоростей на коэффициент 0,8.

2. Для разверток из стали 9ХС скорости определяются умножением данных скоростей на коэффициент 0,7.

3. Для разверток из стали У12А и У10А скорости определяются умножением данных скоростей на коэффициент 0,65.

171. Скорости резания при нарезании метрической основной и мелкой резьбы метчиками и плашками

Метод обработки	Материал обрабатываемого изделия	Условия обработки	Диаметр резьбы в мм												
			6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30	36
			Скорость резания <i>v</i> в м/мин												
Метчиком	Сталь с пределом прочности 45—65 кг/мм ² , медь, латунь	С охлаждением	6,5	7,5	8	9	9,5	11	11,5	12	13	13,5	14,5	15	16
			8	9	11	12	12	14	16	18	—	—	20	—	—
	Сталь с пределом прочности до 40 кг/мм ² и свыше 65 кг/мм ²		4,5	5	5,5	6	6,5	7,5	8	8,5	9	9,5	10	—	11
			5,5	6,5	7,5	8,5	8,5	10	11	12,5	—	—	14	—	—
	Чугун, бронза и алюминиевый сплав	Без охлаждения	6	7	8	9	10	11	12	—	13	—	—	14	15
			8	9	10	11	12	14	16	—	—	18	—	20	—
Плашками	Сталь 20	С обильным охлаждением	2,4	2,6	2,8	2,9		3,4			3,0		3,5		
			3,4		4,5		4,9		5,6	6,3	6,2	4,9	5,7	6,4	4,9

Примечания: 1. Для метчиков из стали У10А и У12А скорость резания определяется умножением на коэффициент 0,5.

2. Скорости резания приведены для метчиков, изготовленных из стали Х12М и 9ХС.

3. Скорости резания приведены при нарезании плашками, изготовленными из стали У12А и У10А.

172. Скорости резания и подачи при строгании и долблении резцами из быстрорежущей стали

Глубина резания в мм	Обрабатываемый материал — сталь с пределом прочности $\sigma_B = 75 \text{ кг/мм}^2$													
	Подача s в мм/дв ход													
	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,25	1,5	2,0	2,25	2,5
Скорость резания v в м/мин														
1	50	44,5	41	39,0	36,5	36,0	33,5	32,5	31,5	—	—	—	—	—
1,5	47	42	39	37	34	33	32	30,5	30,0	23	26	—	—	—
2,0	45	40	37	35	33	32	30,0	30,0	28,5	26,0	24	22	—	—
3,0	42	38	35	33	31	30	28	27	26	24	23	20	19	18
5,0	39	35	32	30	28	27	26	26	24	22	20	18	17	16
8,0	36	32	30	28	26	25	24	23	22	20	18	16	15	14
10,0	35	31	29	27	25	24	23	22	21	19	17	14	13	12
12,0	—	—	28	26	25	23	22	21	20	18	16	14	13	12
15,0	—	—	27	26	24	22	21	20	19	17	15	13	12	11
20,0	—	—	26	24	22	21	20	19	18	16	14	11	10	9

Примечания: 1. При строгании или долблении резцами У10А и У12А скорость резания умножается на коэффициент 0,5.

2. При строгании или долблении стали резцами с пластиной из твердого сплава скорость резания умножается на коэффициент 1,5—1,8.

3. При строгании или долблении чугуна резцами из твердого сплава скорость резания умножается на коэффициент 2,1—3,4.

173. Скорости резания при фрезеровании

Характери- стика обработки	Глуби- на реза- ния в мм	Подача в мм/об	Ширина фрезерования в мм																							
			30—100				2—15				3—20				5—40				8—20				12—32			
			Диаметр фрезы в мм																							
			60	75	90	110	130	6	8	10	12	16	20	30	40	50	60—90	110—200								
			Число зубьев фрезы																							
8	8	8	10	12	6	6	6	9	9	5	6	6	6	10—12	12—18											
Скорость резания v в м/мин																										
Черновая обработка цилиндри- ческими фрезами	2	0,2—0,4	206—145		—		—		—		—		—		—		—									
	3—4		186—125		—		—		—		—		—		—											
	5—6		163—108		—		—		—		—		—		—											
	8—10		144—112		—		—		—		—		—		—											
Чистовая обработка цилиндри- ческими фрезами	0,3	0,06—0,09	490—340		—		—		—		—		—		—		—									
	0,5		440—300		—		—		—		—		—		—											
	1,0		360—230		—		—		—		—		—		—											
	1,5		325—180		—		—		—		—		—		—											
Черновая обработка концевыми фрезами	1,5—2,0	0,06—0,03	—		150—85		160—100		170—120		—		—		—											
	4—8	0,03—0,02	—		—		120—100		140—100		—		—		—											
Чистовая обработка концевыми фрезами	0,3	0,05—0,03	—		240—135		—		—		—		—		—											
	0,5	—	—		210—115		—		—		—		—		—											
	1,0	—	—		175—90		—		—		—		—		—											
	0,3	0,05—0,1	—		—		240—210		370—280		—		—		—											
	0,5		—		—		220—180		340—250		—		—													
	1,0		—		—		210—150		—		—		—													
	1,0	0,08—0,05	—		—		—		270—200		—		—		—											
Обработка дисковыми трехсторон- ними фре- зами	5—8	0,2—0,15	—		—		—		—		190—155		225—160		—											
	10—12	0,18—0,15	—		—		—		—		—		180—122		—											
	15—20	0,1—0,07	—		—		—		—		—		185—150		—											
	34—40	0,05—0,02	—		—		—		—		—		161—150		—											

Примечание. При фрезеровании силумина скорость резания определяется умножением табличной скорости на коэффициент 0,7—0,8.

174. Скорость резания v и эффективные мощности на резце $N_{\text{э}}$ при фрезеровании стали и чугуна торцовыми фрезами, оснащенными твердыми сплавами

Глубина резания t в мм Подача s_z при обработке стали в мм/зуб	Ширина фрезы резания в мм																																							
	50								70								90								120								180							
	Диаметр фрезы в мм																																							
	90								110								150								200								300							
	Число зубьев фрезы																																							
	3								4								6								8								10							
	Материал твердого сплава																																							
Т15К6				Т15К10				ВК8				Т15К6				Т15К10				ВК8				Т15К6				Т15К10				ВК8								
v в м/мин	$N_{э}$ в кВт	v в м/мин	$N_{э}$ в кВт	v в м/мин	$N_{э}$ в кВт	v в м/мин	$N_{э}$ в кВт	v в м/мин	$N_{э}$ в кВт	v в м/мин	$N_{э}$ в кВт	v в м/мин	$N_{э}$ в кВт	v в м/мин	$N_{э}$ в кВт	v в м/мин	$N_{э}$ в кВт	v в м/мин	$N_{э}$ в кВт	v в м/мин	$N_{э}$ в кВт	v в м/мин	$N_{э}$ в кВт	v в м/мин	$N_{э}$ в кВт	v в м/мин	$N_{э}$ в кВт	v в м/мин	$N_{э}$ в кВт											
0,4	217	3,6	—	—	66	0,8	212	5,7	—	—	67	1,3	212	8,2	134	—	69	1,9	212	11,4	—	—	71	2,5	212	15,0	—	—	76	3,4										
0,2	242	3,2	—	—	88	0,7	238	5,0	—	—	89	1,0	238	8,2	150	—	91	1,5	238	10,1	—	—	94	2,0	238	13,3	—	—	100	2,7										
0,3	286	2,2	—	—	74	0,8	280	3,5	—	—	75	1,2	280	5,0	175	—	77	1,7	280	7,0	—	—	80	2,3	280	9,2	—	—	85	3,1										
0,15	318	1,2	—	—	—	—	312	1,9	—	—	—	—	312	2,8	210	—	—	—	—	—	—	—	—	—	312	5,1	—	—	—	—										
5	0,4	—	—	—	63	1,3	—	—	—	—	64	1,9	—	—	—	—	66	2,8	—	—	—	—	68	3,8	—	—	—	—	71	5,0										
	0,2	209	5,8	136	4,0	84	1,0	206	9,1	134	6,3	85	1,6	206	13,1	134	9,1	86	2,2	206	18,2	134	12,7	81	3,0	206	24	134	16,7	94	4,0									
	0,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—										
	0,15	234	5,2	152	3,5	71	1,2	230	8,1	150	5,4	72	1,8	230	11,4	150	8,0	74	2,5	230	16,2	150	11,1	76	3,5	230	21,3	150	14,7	79	4,6									
	0,1	278	3,6	180	2,4	—	—	270	5,6	175	3,8	—	—	270	8,1	175	5,5	—	—	270	11,3	175	7,6	—	—	270	14,8	175	10,0	—	—									
	0,06	310	2,0	216	2,1	—	—	304	3,1	210	3,3	—	—	304	4,5	210	4,7	—	—	304	6,2	210	6,6	—	—	304	8,2	210	8,7	—	—									
8	0,4	203	9,2	134	6,3	60	1,8	200	4,2	130	9,7	61	2,8	200	20,5	130	14,0	63	4,1	200	23,4	130	19,5	65	5,6	200	37,5	130	25,8	68	7,4									
	0,2					80	1,5					81	2,3					83	3,3					85	4,3					90	5,9									
	0,3					68	1,6					69	2,6					70	3,8					73	5,1					76	6,7									
	0,15	228	8,1	143	5,5	—	—	226	12,7	147	8,7	—	—	226	18,4	147	12,5	—	—	226	25,6	147	17,4	—	—	226	33,6	147	23,0	—	—									
	0,1	268	5,6	174	3,8	—	—	264	8,8	170	5,9	—	—	264	12,8	170	8,5	—	—	264	17,7	170	11,8	—	—	164	23,3	170	15,7	—	—									
	0,06	304	3,1	210	3,2	—	—	295	4,9	204	5,1	—	—	295	7,0	204	7,3	—	—	295	9,7	204	10,2	—	—	295	13,0	204	13,6	—	—									
12	0,4	—	—	—	—	58	2,4	—	—	—	—	59	3,9	—	—	—	—	60	5,4	—	—	—	—	62	7,6	—	—	—	—	65	9,3									
	0,2	—	—	127	8,9	77	2,0	—	—	125	14,0	78	3,0	—	—	125	20,2	80	4,5	—	—	125	28	82	6,1	—	—	125	37,2	86	8,0									
	0,3	—	—	—	—	65	2,3	—	—	—	—	66	3,5	—	—	—	—	68	5,0	—	—	—	—	70	7,0	—	—	—	—	73	9,2									
	0,15	—	—	143	7,2	—	—	—	—	141	12,5	—	—	—	—	141	18,1	—	—	—	—	141	25,2	—	—	—	—	141	33,2	—	—									
	0,1	—	—	169	5,5	—	—	—	—	166	8,6	—	—	—	—	166	12,5	—	—	—	—	166	17,3	—	—	—	—	166	22,9	—	—									
	0,08	—	—	184	4,4	—	—	—	—	179	6,9	—	—	—	—	179	10,0	—	—	—	—	179	13,8	—	—	—	—	179	18,5	—	—									

Примечания: 1. Режимы резания, приведенные в таблице для фрез, оснащенных твердым сплавом ВК8, даны для обработки чугуна $H_B = 190$.
 2. Режимы резания, приведенные в таблице для фрез, оснащенных твердыми сплавами Т15К6 и Т15К10, даны для обработки стали с пределом прочности 75 кг/мм^2 ,
 3. При обработке чугуна $H_B = 200 \div 220$ скорость определяется умножением табличной скорости на коэффициент 0,85.

вом ВК8, даны для обработки чугуна $H_B = 190$.
 Т15К10, даны для обработки стали с пределом прочности 75 кг/мм^2 ,
 сти на коэффициент 0,85.

176. Скорость резания v и эффективная мощность $N_{\text{э}}$ при черновом зубодолблении цилиндрических зубчатых колес с прямыми зубьями

Примечание. Чистовое нарезание зубьев на стальных заготовках производится с подачей $s = 0,25$ до $0,3$ мм и $v = 35$ м/мин. Чистовое нарезание зубьев на чугунных заготовках производится с подачей $s = 0,35$ мм и $v = 30$ м/мин.

177. Скорости резания при нарезании зубчатых колес однозаходной червячной фрезой с шлифованным профилем зуба

Модуль нарезаемого зубчатого колеса	Материалы нарезаемого зубчатого колеса			Модуль нарезаемого зубчатого колеса	Материалы нарезаемого зубчатого колеса		
	Сталь 45, 40X	Сталь 20X	Чугун		Сталь 45, 40X	Сталь 20X	Чугун
	Скорость резания v в м/мин				Скорость резания v в м/мин		
2	70	80	30	6	90	100	35
3	80	90	35	8	100	100	35
4	80	90	35	10	100	100	35
5	90	100	35				

178. Подачи при нарезании цилиндрических колес с прямым зубом однозаходной червячной фрезой с шлифованным профилем зуба

Материал	Модуль нарезаемого зубчатого колеса							
	2	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0	10
	Подачи на один оборот заготовки в мм							
Сталь 20X, 40X, 45, 35 и 20 . .	1	1,2	1,2	1,4	1,4	1,6	1,8	2,0
Чугун $H_B = 180 \div 200$	1,5	1,8	1,8	2,0	2,2	2,2	2,4	2,6

179. Подачи при нарезании цилиндрических зубчатых колес с прямым зубом дисковыми фрезами на фрезерных станках с делительной головкой

Обрабатываемый материал	Модуль нарезаемого колеса														
	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	6	7	8	9	10	12
	Подача в мм/мин														
Бронза средней твердости и латунь	565	463	401	358	327	302	283	267	252	231	213	200	188	179	163
Чугун $H_B = 150 \div 180$ и бронза твердая	400	328	284	253	231	214	200	189	179	163	151	141	133	127	116
Сталь 45	268	200	190	170	155	143	134	126	120	109	101	94	89	84	77
„ 40X	183	150	130	116	106	97	91	86	81	74	69	64	61	57	52
„ 20X	107	87	75	67	61	57	53	50	47	43	40	37	35	33	30

Примечания: 1. При нарезании колес со спиральными зубьями подачи умножить на следующие коэффициенты:

а) при угле наклона спирали от 0 до 36° на 1;

б) при угле наклона спирали от 37 до 48° на 0,8;

в) при угле наклона спирали от 49 до 60° на 0,67.

2. Рекомендуемые скорости резания при работе дисковыми фрезами:

а) бронза средней твердости и латунь — 40 м/мин;

б) чугун $H_B = 150 \div 180$ и бронза — 25 м/мин;

в) сталь 45 — 32 м/мин;

г) сталь 40X — 30 м/мин;

д) сталь 20X — 22 м/мин.

3. При отдельном нарезании зубчатых колес рекомендуемые скорости надо умножить на коэффициент 1,25.

180. Глубина шлифования и скорость резания при резьбошлифовании
однониточными кругами

Диаметр резьбы		Шаг резьбы в мм	Число ниток на 1"	Глубина шлифования в мм		Скорость резания в м/мин
в мм	в дюймах			Предварительная обработка	Чистовая обработка	
3—10	$\frac{1}{4}-\frac{3}{8}$	0,5—1,5	32—20	0,04	0,005—0,02	3,5
10—14	$\frac{7}{16}-\frac{9}{16}$	1,5—2,0	16—12	0,04		3,5
16—24	$\frac{5}{8}-1$	2—3	11—78	0,04		3
27—39	$1-1\frac{1}{2}$	3—4	8—6	0,05		3
42—52	$1\frac{5}{8}-2$	4,5—5	5—4,5	0,03		2,5

181. Режимы обработки хонингованием

Обрабатываемый материал	Режимы работы	
	Скорость вращения головки в м/мин	Скорость возвратно- поступательного дви- жения головки в м/мин
Чугун	60—75	12—20
Сталь	45—60	10—12

182. Скорости шлифовального круга при
наружном круглом шлифовании в центрах

Обрабатываемый материал	Скорость шлифоваль- ного круга в м/сек	
	Обдирка	Отделка
Чугун	18—23	20—25
Сталь незакаленная	25—30	30—40
„ закаленная	25—30	30—40

Примечания: 1. Верхние пределы скоростей даны для шлифования с автоматической подачи.

2. При твердых кругах скорость резания выбирать меньшую, чем при мягких кругах.

183. Поперечные подачи при наружном
круглом шлифовании в центрах

Характер шлифования	Поперечная подача на каждый ход стола в мм
Черновое	0,01—0,025
Чистовое	0,005—0,015

Примечания: 1. Поперечная подача выбирается независимо от обрабатываемого материала.

2. При чистовом шлифовании меньшие значения брать для небольших диаметров шлифуемых деталей.

184. Продольные подачи при наружном черновом круглом шлифовании в центрах
на один оборот детали

Обрабатываемый материал	Диаметр обрабаты- ваемой детали в мм	Продольная подача в долях ширины круга
Чугун	До 20 и выше	0,3—0,5 0,85
Сталь незакаленная	„ 20 „	0,3—0,5 0,75
„ закаленная	„ 20 „	0,3—0,5 0,7

Примечания: 1. Для чистового шлифования продольная подача выбирается равной 0,2—0,3 ширины круга независимо от обрабатываемого материала и его диаметра.

2. Большие значения подачи рекомендуется применять при шлифовании тонких и длинных деталей. Во избежание коробления детали следует применять мягкие круги и шлифовать при малой глубине t .

185. Окружные скорости детали при наружном круглом шлифовании в центрах

Продольная подача в до- лах ширины круга	Поперечная подача на один ход сто- ла в мм	Диаметр шлифуемой детали в мм								
		20	40	60	80	100	140	200	250	300
		Окружная скорость детали в м/мин								
0,3	0,01 0,02	29 13	35 16	40 18	40 19,5	47 21	32 23	57 25	61 27	65 29
0,4	0,01 0,02	21,5 9	26,5 12	30 13,5	33 14,4	35 15,5	40 17	43 19	46 20	49 21
0,5	0,02 0,01	17 8	21 10	24 11	26 12	12,5 28	31 14	35 15,5	37 16,5	39 17,5
0,6	0,01 0,02	14,5 6,5	17,8 7,9	20 9	22 10	24 10,5	26 11,5	29 12,8	31 13,8	33 14,5
0,7	0,01 0,02	12,5 5,6	15,2 6,8	17,2 7,7	18,8 8,4	20 9,0	22 7,3	25 8,2	26,5 8,7	28 9,2

Примечания: 1. Окружная скорость деталей для различных материалов определяется умножением табличных данных на следующие поправочные коэффициенты: сталь незакаленная 1,1, сталь закаленная 1,0; чугун 1,45.

2. Окружная скорость деталей в зависимости от стойкости круга определяется умножением на следующие поправочные коэффициенты:

3. Окружная скорость в зависимости от характера шлифования определяется умножением табличных данных на следующие поправочные коэффициенты:

Стоимость круга в мин.	10	15	20	30	40	Характер шли- фования	Черновое	Чистовое
Поправочный ко- эффициент	1,2	1,0	0,86	0,7	0,6			

186. Скорости шлифовального круга при внутреннем шлифовании

[illegible]

187. Поперечные подачи при внутреннем шлифовании

Диаметр шлифуемого отверстия в мм	Черновое шлифование			Чистовое шлифование
	Сталь незакаленная	Сталь закаленная	Чугун и бронза	Все материалы
	Поперечная подача в мм/дв. ход			
20—40	0,006—0,0075	0,005—0,0075	0,015—0,01	0,002—0,003
41—70	0,001—0,012	0,0075—0,01	0,012—0,014	0,003—0,005
71—100	0,012—0,015	0,01—0,013	0,014—0,018	0,005—0,007
101—150	0,014—0,017	0,013—0,015	0,018—0,02	0,007—0,008
151—200	0,016—0,02	0,015—0,018	0,02—0,025	0,008—0,009
201—300	0,018—0,023	0,018—0,02	0,022—0,03	0,009—0,01

Примечания: 1. При шлифовании жесткими шпинделями и небольшом их вылете следует применять большие подачи.

2. При шлифовании длинных деталей поперечные подачи следует уменьшить

188. Продольные подачи на один оборот детали при внутреннем шлифовании

Отношение диаметра шлифуемого отверстия к длине	Обрабатываемый материал			
	Сталь		Чугун и бронза	
	Характер обработки			
	Черновая	Чистовая	Черновая	Чистовая
	Продольная подача в долях ширины круга			
4 : 1	0,75—0,6	0,25—0,4	0,8—0,7	0,3—0,45
2 : 1	0,7—0,6	0,25—0,4	0,7—0,65	0,3—0,45
1 : 1	0,6—0,5	0,25—0,35	0,65—0,55	0,3—0,4
1 : 2	0,5—0,45	0,25—0,35	0,55—0,5	0,3—0,4
1 : 3	0,45—0,4	0,25—0,35	0,5—0,45	0,3—0,4

Примечание. При жестких допусках на конусность отверстия продольные подачи рекомендуется уменьшать на 10—15%.

189. Окружные скорости детали при внутреннем шлифовании

Продольная подача в долях ширины круга	Поперечная подача в мм/дв. ход	Диаметр шлифуемого отверстия в мм												
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	140	200	250	300
		Скорость детали в м/мин												
0,3	0,005 0,01	43,5 23,2	53,2 28,6	61,5 32,8	68,5 36,6	75,5 40,2	81,5 43,5	87 46,5	92,5 49,2	97,5 52	115 61,5	137 73,5	154 82,5	168 90,5
0,4	0,01 0,02	18 —	22 —	25,4 —	28,4 —	31 16,7	33,6 18	36 19,3	38,2 20,4	40,2 21,5	47,5 26,4	56,5 30,4	63,5 34,0	69,5 37,4
0,5	0,01 0,02	14,7 —	18 —	20,8 —	23,2 —	25,4 13,7	27,6 14,8	29,4 15,8	31,2 16,7	32,8 17,6	38,8 20,8	46,5 25	52 28	57 30,2

Продолжение табл. 189

Продольная подача в долях ширины круга	Поперечная подача в мм/об. ход	Диаметр шлифуемого отверстия в мм												
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	140	200	250	300
		Скорость детали в м/мин												
0,6	0,01 0,02	12,5 —	15,3 —	17,6 —	19,7 —	21,6 11,6	23,4 12,6	25 13,4	26,6 14,2	28 15	33 17,7	39,4 21	44,2 23,6	48,5 26
0,7	0,01 0,02	10,9 —	13,3 —	15,3 —	17,1 —	18,8 10,1	20,3 10,9	21,8 11,7	23,2 12,5	24,2 13	28,8 15,4	34,2 18,4	38,4 20,6	42 22,6

Примечания: 1. Окружные скорости приведены для черновой обработки.
2. Окружные скорости для стали и чугуна определяются умножением на поправочные коэффициенты: сталь закаленная 0,9; сталь незакаленная 1, чугун 1,3.
3. Окружные скорости рассчитаны на стойкость круга, равную 3 мин.
4. В зависимости от необходимой стойкости круга окружные скорости также будут изменяться, причем они будут определяться умножением табличных скоростей на следующие поправочные коэффициенты:

Стойкость круга в мин	2	5	7,5	10	15
Поправочный коэффициент	1,3	0,7	0,6	0,5	0,4

190. Глубина шлифования при обработке на плоскошлифовальных станках с прямоугольным столом

Шлифуемая поверхность	Ширина шлифования в мм						
	100	150	200	250	300	400	500
	Глубина шлифования в мм						
Прерывистая	0,037	0,027	0,022	0,018	0,013	0,011	0,010
Сплошная (устойчивые детали)	0,029	0,021	0,017	0,014	0,011	0,008	0,008
Сплошная (неустойчивые или тонкие детали)	0,019	0,014	0,011	0,009	0,008	0,007	0,007

Примечание. Глубина шлифования изменяется в зависимости от обрабатываемого материала и определяется умножением данных в таблице на следующие поправочные коэффициенты: сталь незакаленная 1, сталь закаленная 0,9; чугун и бронза 1,2—1,3

191. Скорости движения стола при обработке на плоскошлифовальном станке с прямоугольным столом

Ширина шлифованная в мм	Черновое шлифование																					Чистовое шлифование		
	Сталь незакаленная							Сталь закаленная							Чугун и бронза								Все материалы	
	Глубина шлифования t в мм																							
	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6			0,005—0,01
	Скорость движения стола в м/мин																							
100	43	39	22	15	11	9	5,3	42	27	20	12,7	9,5	7,6	4,5	42	28	20	13,5	10,9	8,1	4,8	20—30		
150	34	23	19	12	9	7,2	4,3	33	22	16	10,4	7,6	6,1	3,7	33	23	17,2	11,1	8,1	6,5	3,9	20—30		
200	30	21	16	10,1	7,6	6	3,6	28	18	13,6	8,6	6,5	5,1	3,1	29	19	14	9,1	6,8	5,4	3,2	20—30		
300	23	17	12,4	8	6	4,8	2,8	24	14,5	10,5	6,8	5,1	4,0	2,4	22	15,3	11,2	7,2	5,4	4,3	2,5	20—30		
400	21	15,5	11,5	7,4	5,5	4,4	2,6	20	13,2	9,8	6,3	4,7	3,7	2,2	20	14	10,3	6,7	5,0	4,0	2,3	20—30		
500	18	14,2	10,8	7	5	4	2,4	17	12,2	9,2	5,9	4,2	3,4	2,0	17,5	12,8	9,7	6,3	4,5	3,6	2,1	20—30		
Примечание. Скорости движения стола даны для шлифования сплошных поверхностей.																								

192. Глубина шлифования и поперечная подача при обработке периферией круга на плоскошлифовальных станках с прямоугольным столом

Наименование режима резания	Черновое шлифование	Чистовое шлифование
Глубина шлифования в мм	0,015—0,04	0,005—0,010
Поперечная подача в долях ширины круга	0,4—0,7	0,25—0,35

193. Скорость движения стола при обработке периферией круга на плоскошлифовальных станках с прямоугольным столом

Глубина шлифования в мм (вертикальная подача на поперечный ход круга)	Черновое шлифование					Чистовое шлифова- ние	<p>Примечания: 1. Скорости движения стола изменяются в зависи- мости от обрабатываемого материала и определяются умножением данных в таблице на следующие поправочные коэффициенты: сталь за- каленная 0,9, сталь незакаленная 1; чугун 1,3.</p> <p>2. В зависимости от необходимой стойкости круга скорости движе- ния стола также будут изменяться, причем они определяются умноже- нием табличных скоростей на следующие поправочные коэффициенты:</p>					
	Поперечная подача в долях ширины круга											
	0,2	0,4	0,5	0,6	0,7	0,005—0,01						
	Скорость движения стола в м/мин											
0,005	67	50	40	33	28,5	15—20	Стойкость круга в мин	10	15	20	30	40
0,010	39,5	30	23,5	19,8	17,0	15—20						
0,015	29	22	17,5	14,5	12,5	15—20						
0,020	23	17,5	14,0	11,8	10,0	15—20						
0,025	20	15	12	10,0	8,0	15—20						
0,03	17,5	13	10,2	9,0	7,0	15—20	Поправочный коэффициент					
0,04	14,0	10,5	8,0	7,0	6,0	15—20		1,3	1	0,8	0,6	0,5
0,05	11,8	9,0	7,0	6,0	5,0	15—20						

ПРИПУСКИ НА МЕХАНИЧЕСКУЮ ОБРАБОТКУ

194. Припуски на обтачивание валов из проката (сталь горячекатаная)

Диаметр детали в мм	Отношение длины к диаметру заготовки				Диаметр детали в мм	Отношение длины к диаметру заготовки			
	до 4	4—8	8—12	12—20		до 4	4—8	8—12	12—20
	Диаметр заготовки в мм					Диаметр заготовки в мм			
5	7	7	8	8	37	40	42	42	42
6	8	8	8	8	38	42	42	42	43
8	10	10	10	11	40	43	45	45	45
10	12	12	13	13	42	45	48	48	48
11	14	14	14	14	44	48	48	50	50
12	14	14	15	15	45	48	48	50	50
14	16	16	17	17	46	50	52	52	52
16	18	18	18	19	50	54	54	55	55
17	19	19	20	21	55	58	60	60	60
18	20	20	21	22	60	65	65	65	70
19	21	21	22	23	65	70	70	70	75
20	22	22	23	24	70	75	75	75	80
21	24	24	24	25	75	80	80	85	85
22	25	25	26	26	80	85	85	90	90
25	28	28	28	30	85	90	90	95	95
27	30	30	32	32	90	95	95	100	100
28	32	32	32	32	95	100	105	105	105
30	33	33	34	34	100	105	110	110	110
32	35	35	35	36	110	115	120	120	120
33	36	38	38	38	120	125	125	130	130
35	38	38	39	39	130	140	150	140	140
36	39	40	40	40	140	150	140	150	150

Примечание. Диаметр заготовки устанавливается по максимальному диаметру детали.

Примечание. Диаметр заготовки устанавливается по максимальному диаметру детали.

195. Припуски по длине на обработку пруткового материала и заготовок

Диаметр прутка или обрабатываемой детали в мм	Припуск на черновую подрезку одного торца в мм	Припуск на чистовую подрезку и шлифование одного торца в мм, в зависимости от длины детали			
		Длина вала в мм			
		до 50	от 50 до 260	от 260 до 500	св. 500
		в мм			
До 20	1,0	$\frac{0,5}{0,3}$	$\frac{0,8}{0,4}$	$\frac{1,0}{0,5}$	$\frac{1,2}{0,6}$
Св. 20—75	1,5	$\frac{0,6}{0,3}$	$\frac{0,8}{0,4}$	$\frac{1,0}{0,5}$	$\frac{1,2}{0,6}$
„ 75—150	2,0	$\frac{0,7}{0,3}$	$\frac{1,0}{0,5}$	$\frac{1,2}{0,6}$	$\frac{1,2}{0,6}$
„ 150—260	2,5	$\frac{0,7}{0,4}$	$\frac{1,0}{0,5}$	$\frac{1,2}{0,6}$	$\frac{1,4}{0,7}$
„ 260	—	$\frac{0,9}{0,5}$	$\frac{1,2}{0,6}$	$\frac{1,4}{0,7}$	$\frac{1,5}{0,7}$

Примечания. 1 В числителе указаны припуски на чистовую подрезку одного торца, в знаменателе — на шлифование.

2 Для вала с уступами припуски брать в зависимости от максимального диаметра и общей длины детали.

196. Припуски на чистовое обтачивание валов после черного обтачивания

Диаметр вала в мм	Длина вала в мм					
	до 50	от 50 до 260	от 260 до 500	от 500 до 1000	св. 1000	
До 20	0,7	1,0	1,2	1,5	1,6	
Св. 20—75	0,9	1,2	1,4	1,6	2,0	
„ 75—150	1,1	1,4	1,6	1,7	2,0	
„ 150—260	1,4	1,6	1,8	1,9	3,0	
„ 260	1,6	1,8	1,8	2,0	3,0	
Примечание. Для валов с уступами припуски брать в зависимости от общей длины деталей.						

197. Припуски на шлифование закаленных валов после черного обтачивания

Длина вала в мм	Диаметр вала в мм					
	до 20	от 20 до 75	от 75 до 150	от 150 до 260	св. 260	
До 50	0,3	0,5	0,6	0,8	0,85	
От 50 до 260	0,4	0,55	0,65	0,8	0,85	
„ 260 „ 500	0,45	0,6	0,7	0,85	0,90	
„ 500 „ 1000	—	0,65	0,75	0,85	0,95	
Св. 1000	—	0,75	0,85	0,95	1,05	
Примечание. При черновом шлифовании до термообработки припуск следует увеличить до 1,3 раза, причем примерно 40% необходимо снять до термообработки и 60% после нее.						

198. Припуски на шлифование незакаленных валов после чистового обтачивания

Длина вала в мм	Диаметр вала в мм					Примечание
	до 20	20—75	75—150	150—260	св. 260	
До 50	0,30	0,45	0,6	0,7	0,8	При делении шлифования на чистовое и черновое снимать при черновом шлифовании около 70% всего указанного припуска и остальной припуск — при чистовом шлифовании.
От 50 до 260	0,35	0,5	0,6	0,7	0,8	
„ 260 „ 500	0,40	0,55	0,65	0,7	0,8	
„ 500 „ 1000	—	0,60	0,70	0,75	0,85	
Св. 1000	—	0,7	0,80	0,85	0,95	

199. Припуски на обработку отверстий

Метод обработки	Диаметр отверстий в мм								
	6—10	10—18	18—30	30—50	50—80	80—120	120—180	180—260	260—360
Растачивание после сверления	—	0,8	1,2	1,5	—	—	—	—	—
Развертывание после сверления	0,2	0,25	0,4	0,5	—	—	—	—	—
Чистовое растачивание после предварительного	—	—	—	1,2	1,5	1,8	2	2,3	2,6
Развертывание после растачивания	—	—	—	0,25	0,35	0,4	0,5	0,6	—
Чистовое развертывание после предварительного	0,04	0,05	0,07	0,07	0,10	0,20	0,2	0,2	—

200. Обточка под нарезание метрических резьб плашками

Диаметр резьбы в мм	Резьба метриче- ская (ОСТ НКТП 94 и 32)		Резьбы метриче- ские 1-я, 2-я, 3-я и 4-я мелкие (ОСТ НКТП 271, 272, 4120, 4121)		Диаметр резьбы в мм	Резьба метриче- ская (ОСТ НКТП 94 и 32)		Резьбы метриче- ские 1-я, 2-я, 3-я и 4-я мелкие (ОСТ НКТП 271, 272, 4120, 4121)	
	Диаметр обточки в мм	Допуск в мм	Диаметр обточки в мм	Допуск в мм		Диаметр обточки в мм	Допуск в мм	Диаметр обточки в мм	Допуск в мм
1	0,94		0,97		11,0	10,83		10,94	
1,2	1,14		1,17		12,0	11,88		11,94	
1,4	1,34		1,37		14,0	13,88	-0,12	13,94	-0,12
1,7	1,64		1,67		16,0	15,88		15,94	
2,0	1,94	-0,06	1,97	-0,06	18,0	17,88		17,94	
2,3	2,24		2,27						
2,6	2,54		2,57						
3,0	2,94		2,97		20,0	19,86		19,93	
					22,0	21,86		21,93	
3,5	3,42		3,46		24,0	23,86	-0,14	23,93	-0,14
4,0	3,92		3,96		27,0	26,86		26,93	
4,5	4,42		4,46		30,0	29,86		29,93	
5,0	4,92	-0,08	4,96	-0,08					
5,5	5,42		5,46		33,0	32,83		32,92	
6,0	5,92		5,96		36,0	35,83	-0,17	35,92	
								38,92	
7,0	6,90		6,95		39,0	38,83		41,92	-0,17
8,0	7,90		7,95		42,0	41,83		44,92	
9,0	8,90	-0,1	8,95	-0,1	45,0	44,83	-0,33	47,92	
10,0	9,90		9,95		48	47,83			
					52	51,8	-0,4	51,90	-0,2

Примечание. Размеры резьбы от 1 до 6 мм только для 1-й мелкой резьбы.

201. Обточка под нарезание дюймовой резьбы (ОСТ НКТП 1260) плашками

Диаметр резьбы в дюймах	Диаметр обточки в мм	Допуск в мм	Диаметр резьбы в дюймах	Диаметр обточки в мм	Допуск в мм	Диаметр резьбы в дюймах	Диаметр обточки в мм	Допуск в мм
$\frac{3}{16}$	4,53	-0,16	$\frac{9}{16}$	13,92	-0,24	$1\frac{1}{4}$	31,16 37,47	-0,34
$\frac{1}{4}$	6,10	-0,2	$\frac{5}{8}$	15,49		$1\frac{1}{2}$	37,47	
$\frac{5}{16}$	7,68	-0,2	$\frac{3}{4}$	18,65	-0,24	$1\frac{3}{8}$	40,55	-0,5
$\frac{3}{8}$	9,26	-0,2	$\frac{7}{8}$	21,74		$1\frac{1}{2}$	43,72	
$\frac{7}{16}$	10,8	-0,2	1	24,89	-0,28	$1\frac{3}{4}$	46,85	
$\frac{1}{2}$	12,34	-0,24	$1\frac{1}{8}$	28,0	-0,34	$1\frac{7}{8}$	46,85	
						2	50,0	-0,52

202. Сверление под нарезание резьбы

Резьба	Обра- баты- ваемый мате- риал	Диаметр резьбы в мм																	
		1	1,2	1,4	1,7	2	2,3	2,6	3	3,5	4	5	6	7	8	9			
		Диаметр сверла в мм																	
Основная метрическая (ОСТ НКТП 94 и 32)	Чугун Бронза Сталь Латунь	0,75	0,95	1,1	1,35	1,6	1,9	2,15	2,5	2,9	3,3	4,1 4,2	4,9 5	5,9 6	6,6 6,7	7,6 7,7			
1-я мелкая метрическая (ОСТ НКТП 271)	Чугун Бронза Сталь Латунь	0,8	1,0	1,2	1,5	1,75	2,05	2,25	2,65	3,15	3,5	4,5	5,2	6,2 6,2	6,8 6,9	7,8 7,9			
2-я мелкая метрическая (ОСТ НКТП 272)	Чугун Бронза Сталь Латунь	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5,5	6,1 6,2	7,1 7,2	8,1 8,2			
3-я мелкая метрическая (ОСТ НКТП 4120)	Чугун Бронза Сталь Латунь	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7,4 7,5	8,4 8,5			
4-я мелкая метрическая (ОСТ НКТП 4121)	Чугун Бронза Сталь Латунь	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8,6			
Резьба	Обра- баты- ваемый мате- риал	Диаметр резьбы в мм																	
		10	11	12	14	16	18	20	22	24	27	30	33	36	39	42	45		
		Диаметр сверла в мм																	
Основная метрическая (ОСТ НКТП 94 и 32)	Чугун Бронза Сталь Латунь	8,3 8,4	9,3 9,4	10,0 10,1	11,7 11,8	13,8 13,8	15,1 15,3	17,1 17,3	19,1 19,3	20,6 20,7	23,6 23,7	26,0 26,1	29,0 29,2	31,4 31,6	34,4 34,6	36,8 37,0	39,8 40,0	42,2 42,4	46,2 46,4
1-я мелкая метрическая (ОСТ НКТП 271)	Чугун Бронза Сталь Латунь	8,8 8,9	9,8 9,9	10,5 10,6	12,3 12,4	14,3 14,4	16,3 16,4	18,3 18,4	20,3 20,4	21,7 21,8	24,7 24,8	27,7 27,8	30,7 30,8	32,6 32,7	35,6 35,7	38,6 38,7	41,6 41,7	44,6 44,7	48,6 48,7
2-я мелкая метрическая (ОСТ НКТП 272)	Чугун Бронза Сталь Латунь	9,1 9,2	10,1 10,2	10,8 10,9	12,8 12,9	14,8 14,9	16,8 16,9	18,8 18,9	20,8 20,9	22,3 22,3	25,3 25,3	28,3 28,3	31,3 31,3	33,7 33,7	36,7 36,7	39,7 39,7	42,7 42,7	45,7 45,7	49,7 49,7
3-я мелкая метрическая (ОСТ НКТП 4120)	Чугун Бронза Сталь Латунь	9,4 9,5	10,4 10,5	11,2 11,2	13,2 13,2	15,2 15,2	17,2 17,2	19,2 19,2	21,2 21,2	22,0 22,0	26,0 26,0	29,0 29,0	32,0 32,0	34,4 34,4	37,3 37,3	40,3 40,3	43,3 43,3	46,3 46,3	50,3
4-я мелкая метрическая (ОСТ НКТП 4121)	Чугун Бронза Сталь Латунь	9,6	10,6	11,5	13,5	15,5	17,5	19,5	21,5	23,2	26,2	29,2	32,2	35,0	38,0	41,0	44,0	47,0	51,0

Продолжение табл. 202

Резьба	Обрабатываемый материал	Диаметр резьбы в дюймах															
		1/8	1/4	5/16	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8	1	1 1/8	1 1/4	1 3/8	1 1/2	1 3/4	2	
		Диаметр сверла в мм															
Дюймовая с углом профиля 55° (ОСТ НКТП 1260)	Чугун	—	5,0	6,5	7,8	10,3	13,3	16,2	19,0	21,8	24,6	27,6	—	33,4	38,5	43,7	
	Бронза	—	5,1	6,5	8,0	10,5	13,5	16,5	19,5	22,3	25,0	28,0	—	33,7	39,2	44,6	
	Сталь																
	Латунь																
Трубная цилиндрическая (ГОСТ 6357-52)	Чугун	8,9	11,9	—	15,3	19,0	21,0	24,3	28,3	30,5	35,2	39,2	41,6	45,0	51,0	56,9	
	Бронза																
	Сталь																
	Латунь																
Коническая дюймовая с углом профиля 60 (ГОСТ 6111-52)	Чугун	8,5	11	—	14,3	17,7	—	23,0	—	29,0	—	37,6	—	43,7	—	55,6	
	Бронза																
	Сталь																
	Латунь																

203. Припуски на шлифование закаливаемых отверстий

Длина отверстий в мм	Диаметр отверстий в мм								
	6—10	10—18	18—30	30—50	50—80	80—120	120—180	180—260	260—360
До 100 . . .	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,6	0,7	0,8
От 100 до 200 . . .	—	—	0,40	0,45	0,5	0,6	0,65	0,75	0,85
От 200 до 250 . . .	—	—	—	—	0,65	0,7	0,70	0,80	0,90

204. Припуски на шлифование незакаливаемых отверстий

Длина отверстий в мм	Диаметр отверстий в мм								
	6—10	10—18	18—30	30—50	50—80	80—120	120—180	180—260	260—360
До 100 . . .	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,60	0,7
От 100 до 200 . . .	—	—	0,35	0,40	0,45	0,5	0,55	0,65	0,75
От 200 до 250 . . .	—	—	—	—	0,5	0,55	0,60	0,7	0,75

205. Припуски на протягивание отверстий

Длина отверстий в мм	Диаметр отверстий в мм				
	16—18	18—30	30—40	40—50	50—60
15—50	0,6	0,7	0,8	1,1	1,1
15—120	—	0,8	1,0	1,0	1,2

206. Припуски на хонингование отверстий

Обрабатываемый материал	Диаметр отверстий в мм		
	25—125	125—300	300—500
	Припуск в мм		
Чугун . .	0,02—0,10	0,08—0,16	0,12—0,2
Сталь . .	0,01—0,04	0,02—0,05	0,04—0,06

207. Припуски на чистовую обработку плоскостей

Метод обработки	Ширина плоскости в мм	Длина плоскости в мм				Метод обработки	Ширина плоскости в мм	Длина плоскости в мм			
		до 100	100—250	250—800	св. 800—2000			до 100	100—250	250—800	св. 800—2000
		Припуск в мм						Припуск в мм			
Чистовое фрезерование или строгание после черновой обработки	До 100	0,85	1,00	1,5	2,0	Шлифованные закаливаемых плоскостей после чистового фрезерования	До 100	0,25	0,45	0,55	0,65
	100—300	—	1,20	2,0	2,5		100—300	—	0,55	0,65	0,70
	300—800	—	2,0	2,5	3,0		300—800	—	—	0,75	0,85
Шлифованные сырых плоскостей после чистового фрезерования	До 100	0,25	0,35	0,45	0,55	Шабрение	До 100	0,15	0,15	0,2	0,25
	100—300	—	0,45	0,50	0,60		100—300	0,15	0,15	0,2	0,25
	300—800	—	—	0,60	0,7		300—800	0,20	0,2	0,25	0,3

Примечание. Припуски длины на обработку одной стороны.

208. Припуски на шабрение отверстий

Длина отверстий в мм	Диаметр отверстий в мм			
	до 80	80—120	120—360	св. 360
	Припуск на диаметр в мм			
До 100	0,05	0,1	0,15	0,2
От 100 до 200	0,08	0,15	0,20	0,25
200 — 300	0,12	0,2	0,25	0,3
Св. 300	—	0,3	0,30	0,35

Примечание. Обработка отверстий производится под шабрение не точнее 2-го класса точности.

209. Припуски на чистовую обработку зубьев шестерен

Метод обработки	Модуль в мм						
	2	3	3,5	4	4,5	5	6
	Припуск в мм						
Под зубодолбление	0,6	0,8	0,9	1,0	1,1	1,15	1,25
Под зубошлифование	0,18	0,22	0,24	0,26	0,28	0,3	0,34

Примечание. Установленный припуск предусмотрен на обе стороны.

210. Припуски на обработку червяков

Операция	Модуль в мм			
	до 2	2—3	3—4,5	4,5
Чистовое нарезание после предварительного фрезерования	0,7—1	0,8—1,2	1,0—1,5	1,2—1,6
Шлифование после чистового фрезерования	0,2—0,3	0,8—0,4	0,3—0,5	0,4—0,6

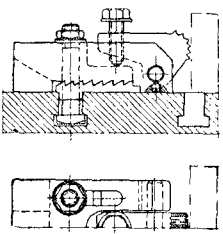
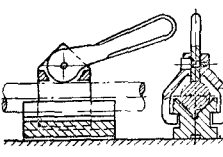
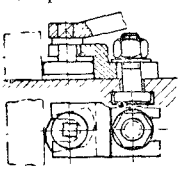
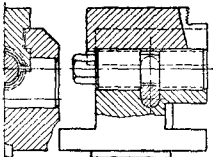
211. Припуски на чистовую обработку шлицев

Метод обработки	Длина шлицевого валика в мм	Диаметр шлицевого валика в мм			
		10—18	18—30	30—50	свыше 50
		Припуск на толщину шлица и на диаметр в мм			
Чистовое фрезерование шлицев	до 100	0,4—0,6	0,5—0,7	0,6—0,8	0,7—0,9
	100—200	0,5—0,7	0,6—0,8	0,7—0,9	0,8—1,0
	200—350	—	0,7—0,9	0,8—1,0	0,9—1,2
	350—500	—	—	—	1,2—1,5
Шлифованные шлицев	до 100	0,1—0,2	0,2—0,3	—	—
	100—200	0,1—0,2	0,2—0,3	0,2—0,4	—
	200—350	0,2—0,3	0,2—0,4	0,3—0,5	—
	350—500	0,2—0,4	0,3—0,5	0,3—0,5	0,4—0,6

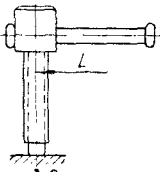
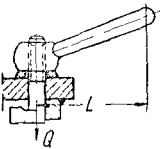
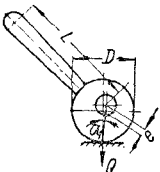
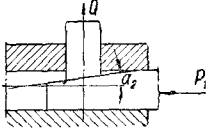
УНИВЕРСАЛЬНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ
ДЛЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Зажимы

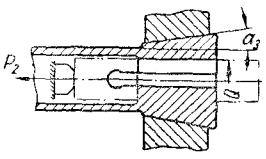
212. Основные типы зажимов

Наименование и эскиз	Назначение и область применения
<p>Кулачковый зажим</p> 	<p>Применяется для непосредственной установки и закрепления заготовки на столе станка. Допускает перестановку зажимающего кулачка без раскрепления на столе</p>
<p>Эксцентриковый зажим</p> 	<p>Служит для закрепления цилиндрических заготовок, установленных на призме. Благодаря передвижной скобе, установленной на призме, зажим может переставляться. Положение эксцентрика регулируется поворотом его оси</p>
<p>Зажим двусторонним эксцентриком</p> 	<p>Применяется для непосредственного зажима эксцентриком. Ось эксцентрика помещается в открытом пазу стойки</p>
<p>Эксцентриковый зажим с рычагом</p> 	<p>Применяется для непосредственного прижима заготовки к столу станка. Будучи установлен в пазу стола, может переставляться вдоль паза</p>
<p>Зажим резьбовой</p> 	<p>Применяется вместе с упором для закрепления по окружности круглых заготовок. Зажимы устанавливаются посредством шпонок по радиальным пазам стола</p>

213. Усилия зажима основных зажимных устройств

Вид зажимного устройства	Расчетная формула	Обозначения
Болт с плоским упорным торцом	 $Q = \frac{PL}{R_{cp} \operatorname{tg}(\alpha + \rho) + 0,6\mu r}$	<p> Q — усилие зажима в кг; P — усилие на рукоятке в кг; L — расстояние от центра до точки приложения усилия в мм; R_{cp} — средний радиус резьбы в мм; α — угол подъема резьбы $\approx 2^\circ 30' \div 3^\circ 30'$; ρ — угол трения в резьбовом соединении $\sim 6^\circ 30'$; μ — коэффициент трения на торце $\approx 0,1$; r — радиус опорного торца в мм </p>
Гайка с плоским упорным торцом	 $Q = \frac{PL}{R_{cp} t(\alpha + \rho) + 0,33\mu \frac{D_H^3 - D_B^3}{D_H^2 - D_B^2}}$	<p> D_H — наружный диаметр опорного торца гайки в мм; D_B — внутренний диаметр гайки в мм </p>
Круговой эксцентрик	 $Q = \frac{PL}{[\operatorname{tg}(\alpha_1 + \rho_1) + \operatorname{tg} \rho_2] r}$ <p>практически $Q \approx 12P$</p>	<p> D — диаметр эксцентрика; α_1 — угол подъема кривой эксцентрика; при $\frac{D}{e} > 20$ угол составит $5^\circ 43'$; ρ_1 — угол трения между эксцентриком и зажимаемой поверхностью; ρ_2 — угол трения в цапфах; e — эксцентриситет в мм </p>
Клиновой зажим	 $Q = \frac{P_1}{\operatorname{tg}(\alpha_2 + 2\rho_3)}$	<p> α_2 — угол клина в град.; ρ_3 — угол трения в град.; P_1 — усилие, приложенное к клину, в кг </p>

Продолжение табл. 213

Вид зажимного устройства	Расчетная формула	Обозначения
Цанговый зажим	 <p>Без осевого упора заготовки</p> $Q = \frac{P_2}{\operatorname{tg}(\alpha_3 + \varphi)};$ <p>с осевым упором заготовки</p> $Q = \frac{P_2}{\operatorname{tg}(\alpha_3 + \varphi) + \operatorname{tg} \varphi_1}$	<p>P_2 — осевое усилие затяжки цанги в кг;</p> <p>α_3 — половина угла конуса цанги;</p> <p>φ — угол трения на конической поверхности цанги;</p> <p>φ_1 — угол трения на поверхности соприкосновения цанги с деталью</p>

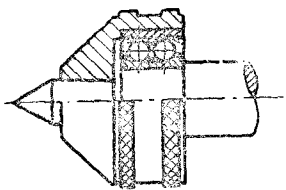
Вращающиеся центры

214. Вращающиеся центры для легких нагрузок (по ГОСТ 4905-49)

размеры в мм

Конус Морзе	D наиб.	L	Конус Морзе			l ₁ наиб.	l ₂ наиб.	Подшипники				Допускаемая радиальная нагрузка P в кг
			d	d ₁	l			l ₃	радиально упорные (ГОСТ 831-54)	упорные (ГОСТ 6874-54)	игольчатые (ГОСТ 4060-48)	
3	60	160	23,825	19,784	80,5	70	45	5	36204	8204	942/8	116
4	65	195	31,267	25,933	102,7	80	50	6	36205	8205	942/12	138
5	75	240	44,399	37,573	129,7	90	55	8	36206	8206	942/22	216

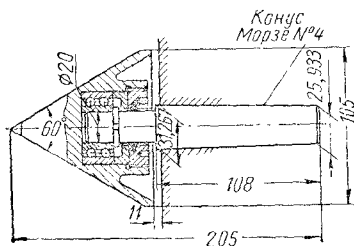
Вращающиеся центры упрощенного типа (фиг. 117) применяются для небольших станков. Обладают малым вылетом.



Фиг. 117.

Сам центр является сменным и может быть процифрован в сборе.

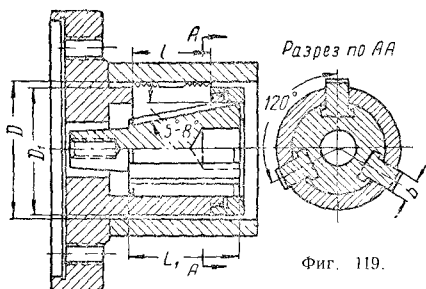
Вращающиеся центры для полых валов и труб (фиг. 118).



Фиг. 118.

Оправки

Оправки кулачковые (фиг. 119) применяются для тяжелых работ. Закрепление осуществляется затяжкой конуса через шпindelь станка. Корпус оправки крепится на переходной планшайбе. Отвер-



Фиг. 119.

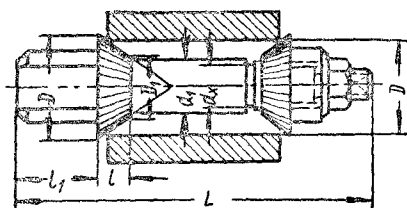
стие у изделия может быть необработанным и иметь отклонение в пределах разжима кулачков (1—2 мм).

Оправки двухконусные центровые (фиг. 120) применяются для черновой

215. Основные размеры кулачковых оправок в мм

D	D_1	L_1	l	b
60—65	56	65	45	12
66—75	65	70	50	14
76—85	75	78	55	16
86—100	85	80	60	16
101—105	95	90	60	18
106—115	105	90	65	20
116—125	115	90	65	20
126—135	125	98	65	20
136—145	135	98	70	20

обработки деталей. Базовое отверстие у детали может быть как обработанным, так и необработанным. Точность обра-



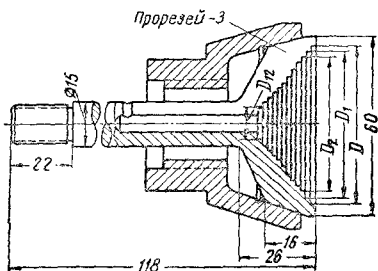
Фиг. 120.

216. Основные размеры двухконусных центровых оправок в мм

D	D_1	d_x	d_1	L	l	l_1
33	19	16	18	110	10	25
43	28	19	21	125	15	25
53	36	28	30	140	18	25

ботки на оправке достигает 3-го класса.

Оправки цанговые ступенчатые для валков (фиг. 121). Применяются для обработки валков. Закрепление осу-



Фиг. 121.

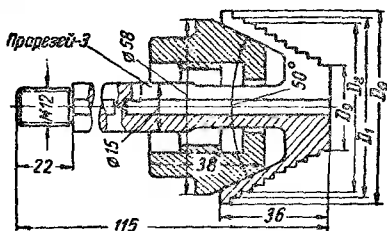
ществляется затяжкой оправки через шпindelь станка. Зажимаемые валки

217. Основные размеры цанговых ступенчатых оправок для валиков в мм

D	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6	D_7	D_8	D_9	D_{10}	D_{11}	D_{12}
53	49	45	42	38	34	31	27	24	21	17	14	10
54	50	46	43	39	35	32	28	25	22	18	15	11
55	51	47	44	40	36	33	29	26	23	19	16	12
56	52	48	45	41	37	34	30	27	24	20	17	13

должны иметь обработанную поверхность. Достижимая точность обработки 2-й класс.

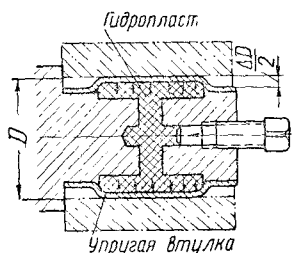
Оправки цанговые ступенчатые для втулок (фиг. 122) применяются для обработки втулок. Закрепление осуществляется затяжкой оправки через шпин-



обработано в пределах 3—5-го классов точности. Достижимая точность обработки 2-й класс.

Оправки для точного центрирования. Для случаев чистой обработки, требующих особо точного центрирования, при котором биение заготовок не превышало бы 0,01—0,02 мм (для диаметров средней величины), применяются оправки, имеющие упругие установочные поверхности. К таким конструкциям относятся оправки, работающие с применением гидропласта, тарельчатых упругих шайб, резины и др.

Оправки с гидропластом. Использование гидропласта позволяет сочетать



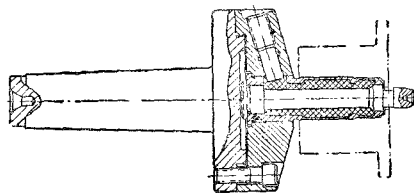
Фиг. 125.

зажим с одновременным центрированием, чем достигается высокая точность установки детали.

§21. Основные формулы для расчета упругих гидропластных втулок

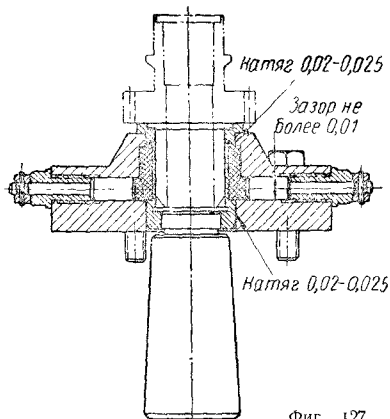
Определяемое значение	Обозначение	Расчетная формула
Допускаемое приращение диаметра втулки	ΔD	$\frac{\sigma_y \text{ доп } D}{E},$ <p>где $\sigma_y \text{ доп} = 50 \div 70 \text{ кг/мм}^2$ D — номинальный диаметр втулки в мм; $E = 21\,000 \text{ кг/мм}^2$ Для втулки, изготовленной из легированной стали, $\Delta D \approx 0,002 \div 0,0025 D$</p>
Необходимое давление	p	$\frac{2\Delta D E b}{D^2} \text{ кг},$ <p>где b — толщина стенки втулки, равная $0,02 D + 0,5 \text{ мм}$</p>
Развиваемое усилие зажима	P	$20\,000 \frac{b}{D} \sqrt{\frac{2b}{D}} \delta_{\text{нат}} D \text{ кг},$ <p>где $\delta_{\text{нат}} = D \text{ изд max} - D_{\text{вкл min}}$</p>

Степень практического применения гидропластных оправок определяется величиной допустимого приращения ΔD диаметра установочной втулки (фиг. 125).



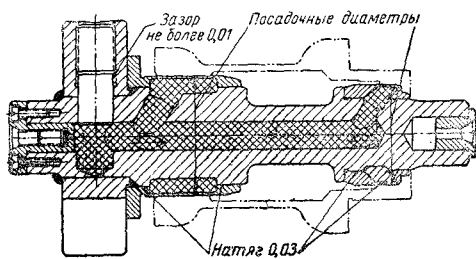
Фиг. 126.

В среднем величина допускаемого приращения ΔD для втулок, изготовленных из легированных сталей, составляет 0,002—0,0025 мм. Непременным условием, позволяющим использовать гидропласт в качестве центрирующей и зажимающей



Фиг. 127.

среды, является: $\Delta D \geq 2\delta_{\text{max}}$, где δ_{max} — наибольший посадочный зазор между поверхностью втулки и заготовкой (фиг. 126—128).

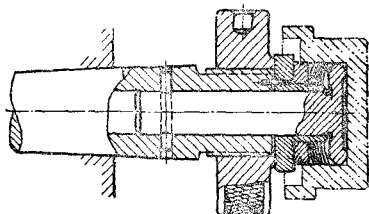


Фиг. 128.

Состав гидропласта марки МАТИ: полихлорвиниловой смолы 100 вес. ч.,

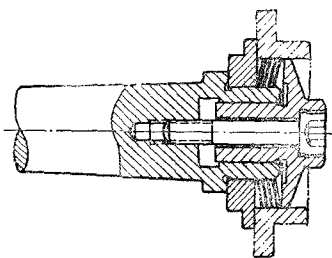
дибутилфталата 290 вес. ч., стеарата кальция 4 вес. ч., вакуумного масла 100 вес. ч.

Оправки с тарельчатыми шайбами. Применение в оправках тарельчатых шайб наряду с точным центрированием обеспе-



Фиг. 129.

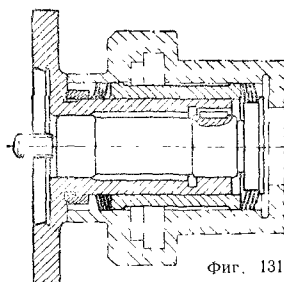
чивает большое зажимающее усилие, которое возрастает с увеличением числа



Фиг. 130.

шайб. Зажим тарельчатыми шайбами не имеет недостатков, свойственных цанговым зажимам, благодаря исключению по-

терь усилия на трение при закреплении обрабатываемых деталей (фиг. 129—131).



Фиг. 131.

223. Рабочие характеристики тарельчатых шайб

d в мм	Наиболь- ший кру- тящий мо- мент, передавае- мый одной шайбой, в кг/мм ²	Требуемая осевая сила за- жима на одну шайбу в кг	Предельное изменение диаметра в мм
4	13—19	13—22	0,12
7	39—95	22—35	0,12
10	80—180	32—47	0,12
10	120—270	47—70	0,18
15	270—480	70—100	0,18
20	480—750	100—120	0,18
25	750—1080	120—140	0,18
30	1080—1470	140—170	0,18
35	1470—1960	170—190	0,18
40	1960—2400	190—210	0,18
45	2400—3000	210—240	0,18
50	3000—3600	240—260	0,18

222. Размеры тарельчатых шайб в мм

d	D	d_1	D_1	β°	t	α°	A	B	r	a	Число профилей
4	18	7	14	9	0,5	30	11	11	0,2	1	12
7	22	11	18	9	0,5	30	15	14	0,2	1	12
10	27	15	22	9	0,5	30	19	18	0,4	1,5	18
10	32	15	27	10	0,75	20	23	19	0,4	1,5	18
15	37	20	32	10	0,75	20	28	24	0,4	1,5	18
20	42	25	37	10	0,75	15	33	29	0,5	2	24
25	47	30	42	10	0,75	15	38	34	0,5	2	24
30	52	35	47	10	0,75	15	43	39	0,5	2	24
35	57	40	52	10	0,75	15	48	44	0,5	2	24
40	62	45	57	10	0,75	15	53	49	0,5	2	24
45	67	50	62	10	0,75	15	58	54	0,5	2	24
50	70	65	67	10	0,75	12	62	58	0,5	2	30

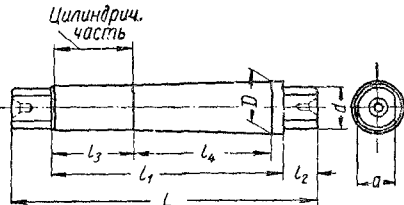
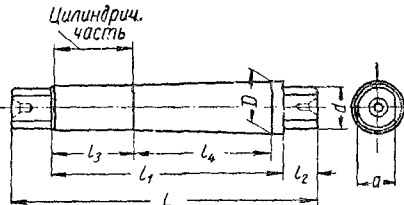
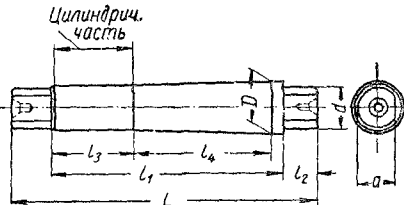
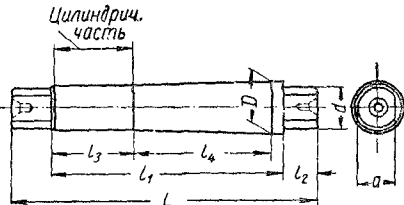
Примечание. Размеры D_1 и d_1 определяют пределы допускаемой переточки или расточки шайбы для получения необходимого промежуточного размера, не предусмотренного таблицей

Изготовление тарельчатых шайб не представляет большой сложности и доступно каждому заводу. В условиях индивидуального производства процесс изготовления шайб состоит из следующих основных операций:

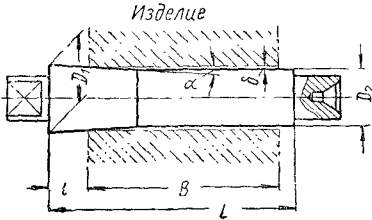
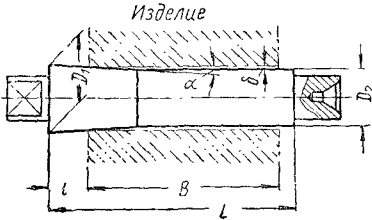
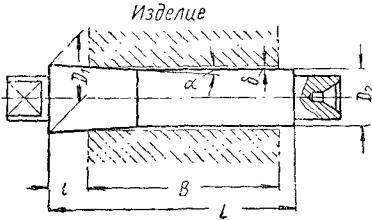
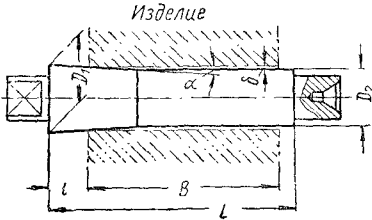
- 1) предварительная вырезка заготовок;
- 2) сверление отверстия в пакете;

Оправки конусные с цилиндрическим направлением. Применяются для легких и средних работ при обточке и шлифовании деталей, имеющих сквозное базовое отверстие длиной не менее $1,5D$. Отверстие должно быть обработано с точностью не ниже 2-го класса. Достижимая точность обработки 1—2-й класс.

224. Основные размеры конусных оправок в мм

	D	d	L	l_1	l_2	l_3	l_4	a	Конусность на 100 мм длины
	8,5—10	8	95	71	12	15	50	7	0,05
	11—14	9	115	87	14	21	62	8	
	15—18	13	130	96	17	27	62	11	
	19—22	16	160	124	18	33	84,4	14	0,045
	23—26	20	170	130	20	39	84,4	18	
	27—30	25	185	137	24	45	84,4	22	
	31—33	30	220	170	25	51	110	26	0,04
	34—40	32	230	178	26	58	110	28	

225. Расчет конусных оправок

	Определяемое значение	Расчетная формула
	Пределы допускаемой конусности (k)	$k = \text{tg} \alpha = \frac{1}{1000} \text{ до } \frac{1}{3000}$
	Наибольший диаметр конуса D_1	$D_1 = D_{\text{изд max}} + \delta'$, где $\delta' = 0,01 \div 0,02 \text{ мм (натяг)}$
	Длина конусной части, гарантирующая натяг изделия, l	$l = \frac{D_1 - D_{\text{max изд}}}{k}$
	Длина рабочей части оправки L	$L = l + \frac{D_{\text{max}} - D_{\text{min изд}}}{k} + B_{\text{изд}} + (0,2 \div 0,5) D_{\text{изд}}$
	Наименьший диаметр D_2	$D_2 = D_{\text{изд min}} - 2\delta$
	Наибольший посадочный зазор, вызывающий перекося изделия, δ	$\delta = \frac{D_{\text{изд max}} - D_2 \text{ min}}{2}$

Патроны

3) обточка пакета по наружному диаметру;

4) штамповка формы;

5) термообработка до твердости $R_C = 40 \div 45$;

6) шлифование базового отверстия;

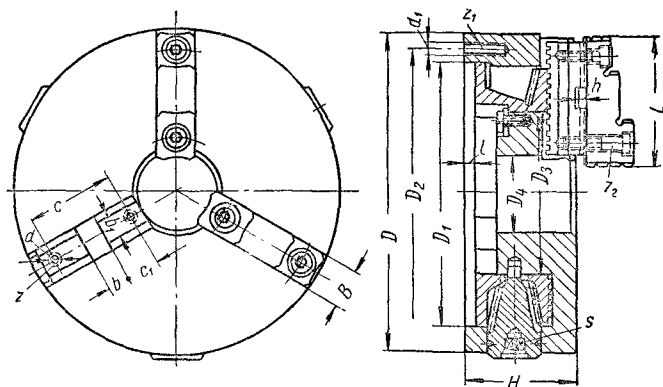
7) вырезка прорезей;

8) зачистка заусенцев.

Материалом для изготовления шайб может служить листовая сталь 60С2А по ГОСТ 2052-53.

Патроны самоцентрирующие трехкулачковые универсального назначения. Применяются на токарных и револьверных станках. Конструкция кулачков позволяет зажимать обрабатываемые детали по наружным и внутренним поверхностям. Перемещение кулачков осуществляется посредством конических шестерен. Устанавливаются на шпинделе станка через промежуточную планшайбу.

226. Основные размеры трехкулачковых токарных патронов в мм (ГОСТ 2675-47)



D	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	B не бо- лее	L	H не бо- лее	b	b ₁	c	c ₁	h	h ₁	d	d ₁	l	Размер под ключ S	Число отвер- стий			Число пазов z ₃	Кулачки
																		z	z ₁	z ₂		
80 100	55 72	66 86	28 32	16 22	12 15	32 42	50 55	— —	— —	— —	— —	— —	— —	— —	M6 M8	3 3	6 9	— —	3 3	— —	1 1	Только цельные
130 160 200 250 320 400 500 630	100 130 165 210 270 340 440 560	112 142 180 226 290 368 465 595	50 75 100 125 150 200 260 360	30 40 50 65 80 100 140 190	20 28 38 50 66 86 125	55 70 85 105 125 145 160	60 65 75 85 95 105 115 125	— 15 15 20 20 25 25 30	— 15 15 20 20 25 25 30	— 40 50 65 80 95 105 125	— 12,5 17,5 22,5 30 35 35 32,5	— 5 5 7 7 9 9 9	— 3 3 3 3 4 4 4	— M10 M10 M12 M12 M16 M16 M20	M8 M8 M10 M12 M16 M16 M16	3 4 4 4 5 5 6 6	9 11 11 14 14 17 17 17	— 2 2 2 3 3 4 5	3 3 3 3 3 3 6 6	— 2 2 2 3 3 3 3	1 1 1 1 1 1 2 3	Сборные или цель- ные

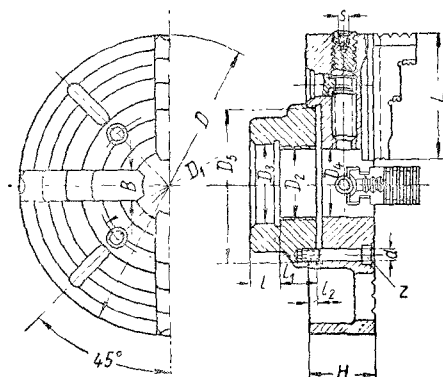
227. Самоцентрирующие трехкулачковые патроны, выпускаемые отечественной промышленностью

Модель патрона	Диаметр патрона	Наибольший диаметр зажима	Модель патрона	Диаметр патрона	Наибольший диаметр зажима
	в мм			в мм	
ТС-130	130	65	ТС-240	240	200
ТС-165	165	70	ТС-320	320	300
ТС-250	250	110	ТС-135	135	40

Патроны четырехкулачковые с независимым перемещением кулачков

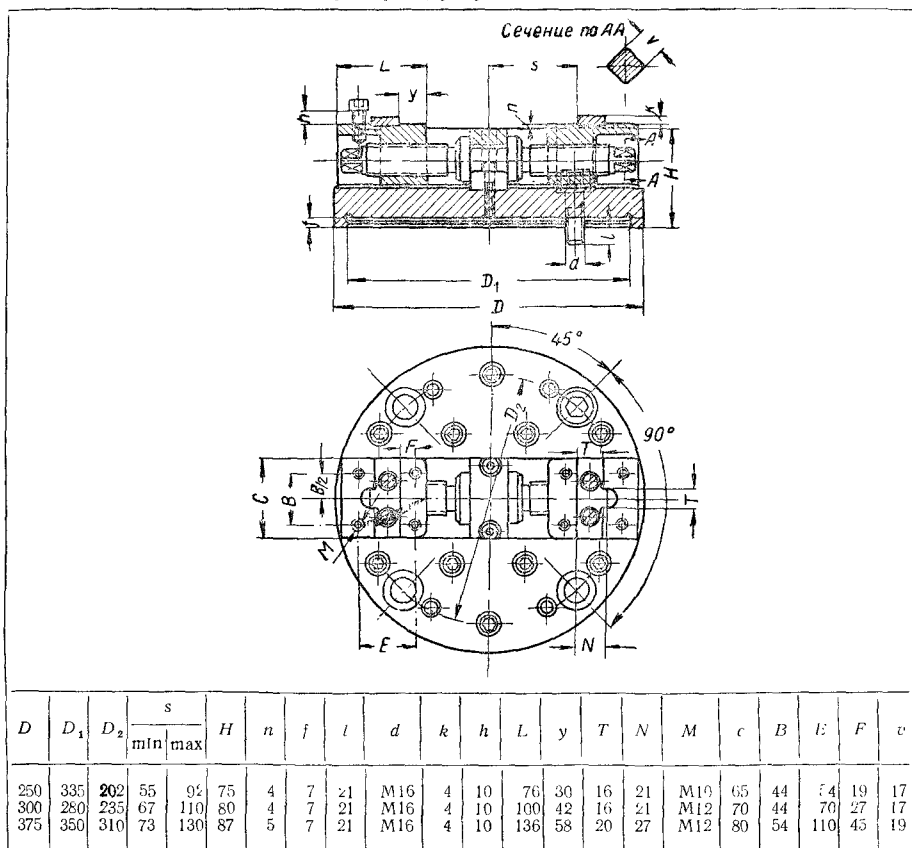
Применяются при зажиме фасонных заготовок, а также при необходимости закрепления заготовки со смещением оси. Закрепление каждым кулачком производится независимо.

228. Основные размеры патронов в мм (ГОСТ 3590-47)



D	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	d винта	B	Размер под ключ S	L	l	l_1	l_2	Коли- чество винтов Z	H не бо- лее
160	82,56	M52 M60	55 62	40	100	M10	28	8	70	13 20	29 32	5	4	65
200	104,80	M60 M68	62 70	50	125	M10	28	11	85	20 23	32 37	5	4	75
250	133,36	M68 M76 M90	70 78 92	65	160	M12	36	11	105	23 25 30	37 42 47	8	4	75
320	171,46	M90 M105 M120	92 110 125	80	200	M16	36	14	125	30 35 40	47 52 60	8	4	85

229. Основные размеры двухкулачковых патронов в мм

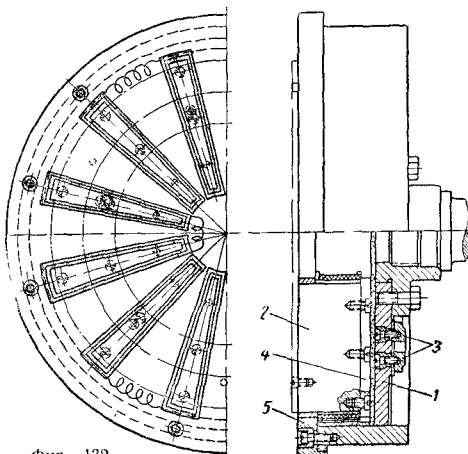


230. Четырехкулачковые патроны, выпускаемые отечественной промышленностью

Модель	Диаметр в мм
ТС-380	380
ТН-400	400

Патроны самоцентрирующие двухкулачковые. Предназначаются для крепления деталей по черным необработанным поверхностям. К патрону должны изготавливаться сменные губки. Установка и закрепление патрона осуществляется на переходной планшайбе.

Электромагнитные патроны к токарным станкам (фиг. 132). Патрон устанавли-



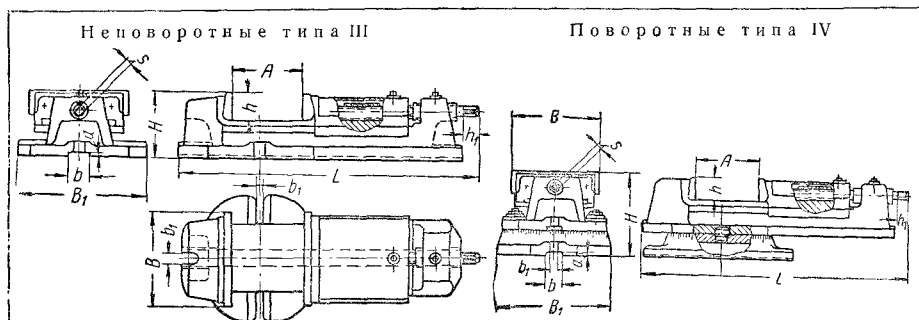
Фиг. 132.

вается на шпиндель станка. Он состоит из корпуса 1, в котором размещены шесть пар электромагнитов 2. На задней крышке патрона установлены коллекторные кольца 3, к которым через щетки подводится

ток. Магниты попарно перекрыты железной пластиной 4, соединены последовательно, а концы обмотки присоединены к коллекторным кольцам. Сердечники электромагнитов 2 впаяны в крышку 5.

Тиски машинные

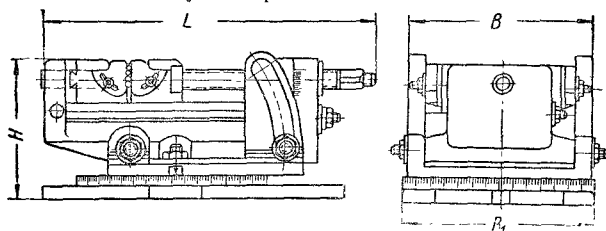
231. Тиски параллельные (ГОСТ 4045-57)



Основные размеры в мм

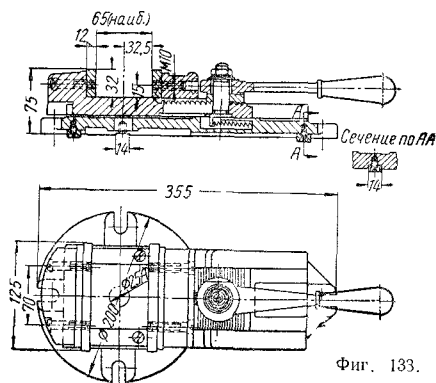
B	B ₁	A (расход губок)	L не более	h	H		b допуск A ₃	b ₁ допуск A ₇	a	h ₁	s допуск C ₅
					III	IV					
100	160	45	320	30	70	100	18	14	6	25	14,5
140	220	80	400	40	90	120	24	18	7,5	30	18
180	250	120	500	55	120	180	24	18	7,5	30	18
250	320	250	700	70	160	220	32	22	9	36	22
320	400	360	900	90	200	260	32	22	9	45	22
400	480	500	1000	90	220	320	48	28	12	45	26

Тиски универсальные машинные



Ширина губок	Развод губок	Высота тисков	Поворот в град.
в мм			
80	95	—	360
120	150	250	360
125	140	265	360
175	130	—	—

Тиски с эксцентриковым зажимом (фиг. 133). Тиски эксцентриковые с одной подвижной губкой обеспечивают быстрый и надежный зажим обрабатываемой детали.



Фиг. 133.

Эти тиски предназначены в основном для обработки небольших деталей на фрезерных станках. Зажимающий ход губки опре-

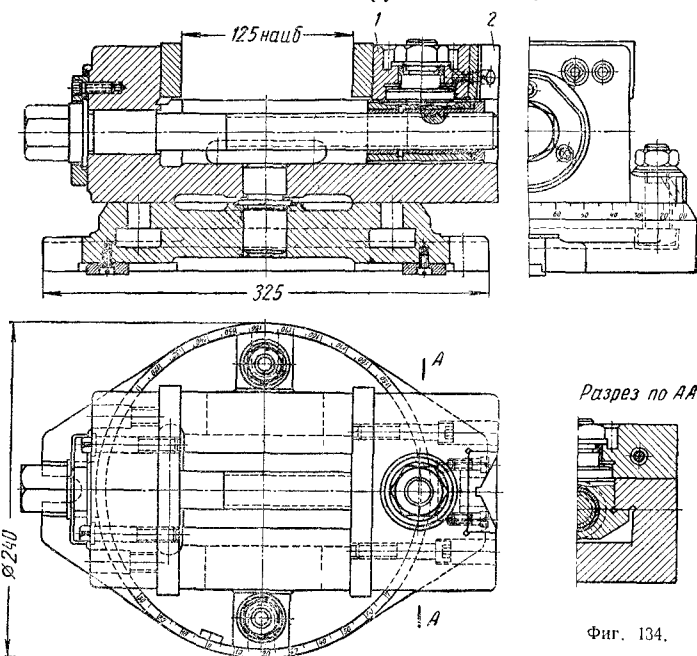
деляется ходом эксцентрика. Расход губок регулируется зубчатой рейкой и держателем эксцентрика.

Тиски рычажные (фиг. 135). Служат для зажима заготовок цилиндрической формы диаметром от 10 до 80 мм. Опорная призма 1 имеет две поверхности под различные размеры диаметров и может быть повернута, фиксируясь штифтом 2. Для установки обрабатываемой детали на длину имеется упор 3, который в случае надобности может откидываться или быть передвинутым вдоль оси. Его закрепление производится болтом 4.

Тиски могут устанавливаться на станке в двух положениях.

Тиски с механо-гидравлическим зажимом (фиг. 136). Тиски обеспечивают сильный зажим при относительно небольшом усилии, приложенном к рукоятке.

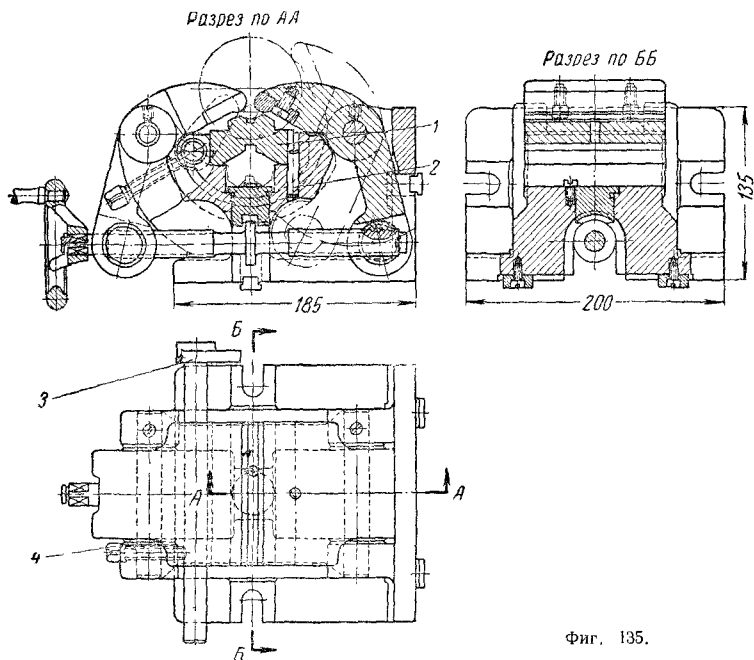
Предварительное передвижение губки 1 и зажим осуществляются винтом 2 от рукоятки 3 через шпенец 4. В момент



Фиг. 134.

упора губки в изделие осевое перемещение винта 2 прекращается, начиная действовать внутренний винт 5, который посредством плунжера 6 создает давление в масляном цилиндре 7, передаваемое через поршень 8 на подвижную губку. Сила

упора губки в изделие осевое перемещение винта 2 прекращается, начиная действовать внутренний винт 5, который посредством плунжера 6 создает давление в масляном цилиндре 7, передаваемое через поршень 8 на подвижную губку. Сила



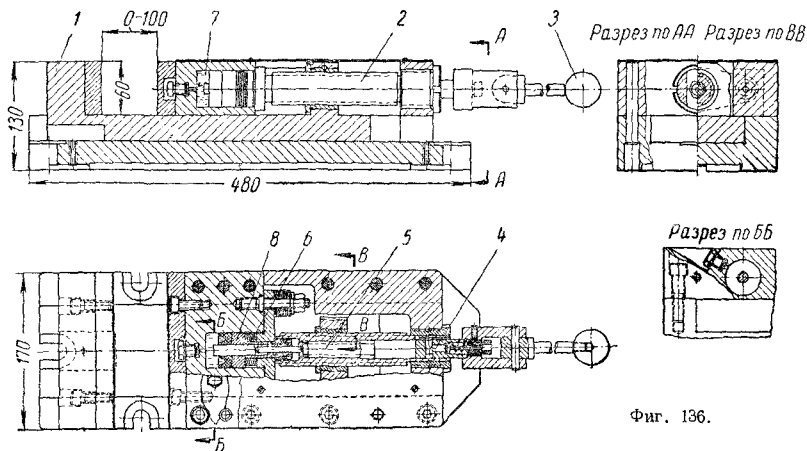
Фиг. 135.

зажима зависит от осевого усилия винта 5 и соотношения площадей рабочей поверхности плунжера и поршня.

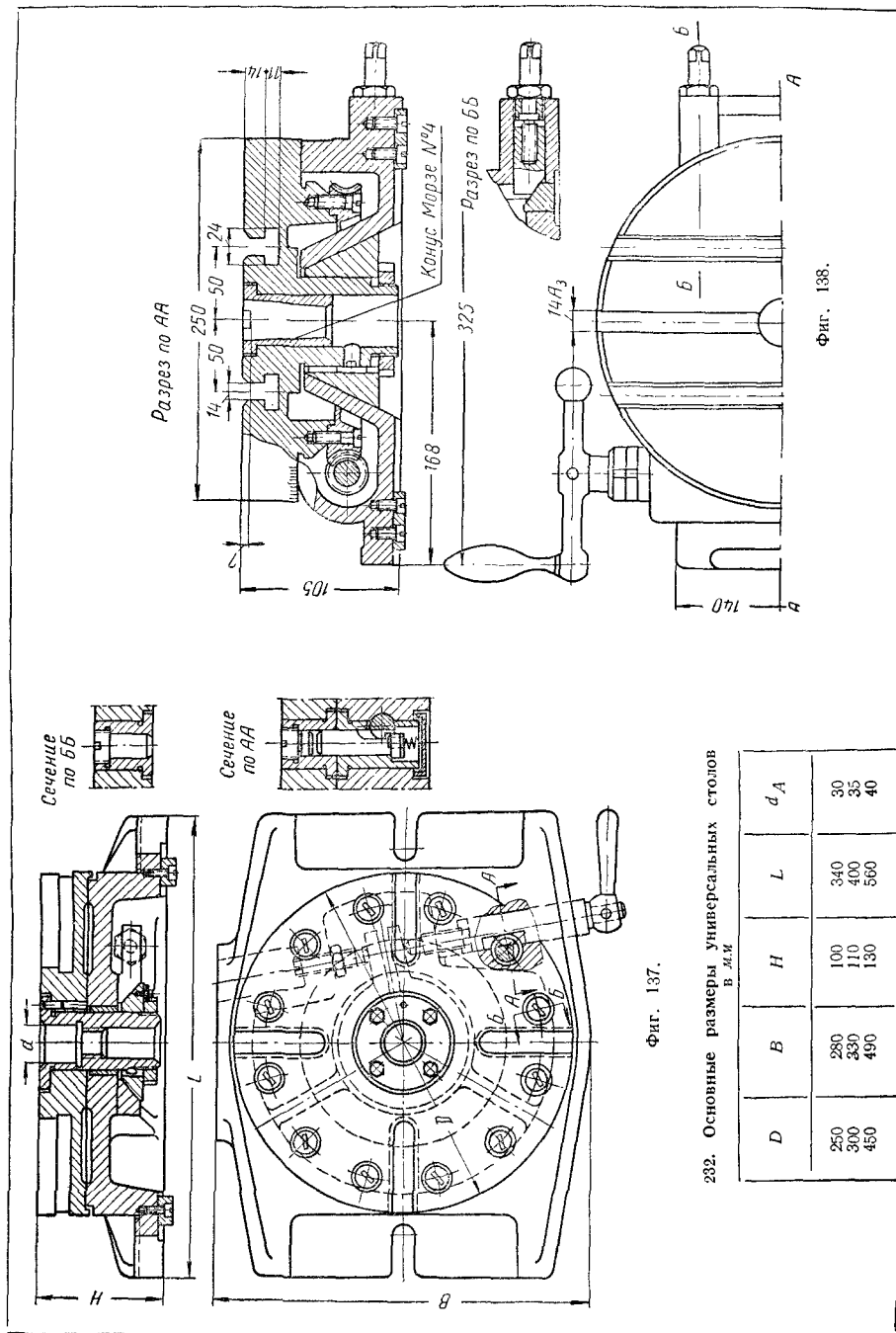
Столы поворотные

Столы универсальные (фиг. 137). Столы универсальные имеют одновременное фиксирование и крепление поворотной части.

Столы круглые поворотные с ручным приводом (фиг. 138). Применяются на вертикально-фрезерных станках. Обрабатываемая деталь может крепиться как непосредственно на столе, так и в специальном приспособлении. Вместо рукоятки может быть делительное устройство.



Фиг. 136.



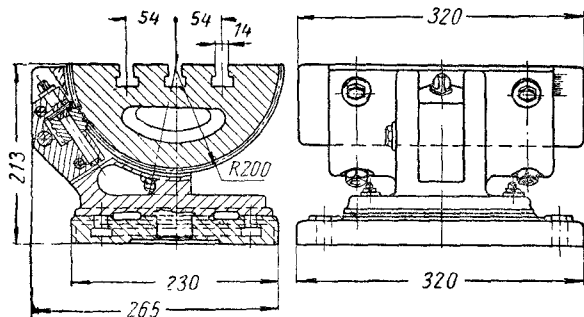
Столы поворотные (фиг. 139). Применяются на фрезерных станках. Поворот может осуществляться в двух плоскостях.

Делительные головки

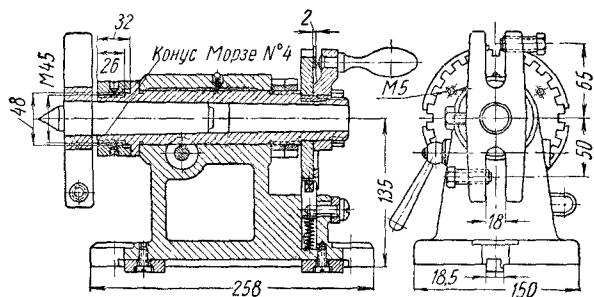
Простая делительная головка (фиг. 140) служит для выполнения делительных работ невысокой точности при фрезеровании на фрезерных станках. На фиг. 141

приведена задняя бабка простой делительной головки.

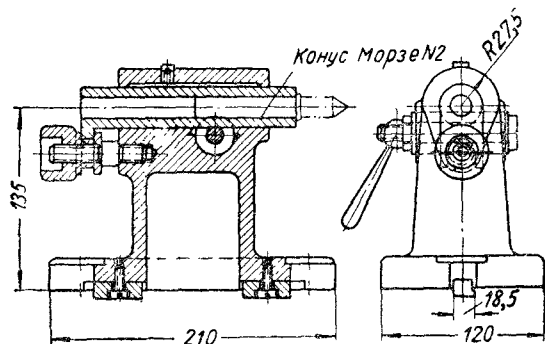
Универсальные делительные головки (табл. 233) применяются при фрезеровании спиралей, шлицевых валов, нарезке зубчатых колес и выполнении других делительных работ на фрезерных станках. О настройке делительных головок см. стр. 265.



Фиг. 139.



Фиг. 140.



Фиг. 141.

233. Универсальные делительные головки

Модель	Делительная головка										Задняя бабка				Размеры в мм	
	H	L	d	d ₁ по- садк C ₁	d ₂ допуск ± 0,1	l ₁	l ₂	Ши- рина шпонки	Конус Морзе	Диаметр отверстия в шпин- деле	L ₁	Ход шпини	Подъем шпини	H		Конус Морзе
														наиб.	наимен.	
УДГ-135 УДГ-160	135 160	260 320	M45×4,5 M64×4	48 65	60 75	22 24	30 35	18C ₃ 22C ₃	№ 4 № 5	26,5 38,2	220 235	30 35	30 30	135 160	165 190	№ 2 № 3

Прочие приспособления

Головка фрезерная универсальная (фиг. 142). Предназначается для установки на горизонтально-фрезерных станках. Шпиндель головки относительно шпинделя станка может устанавливаться под различными углами в вертикальном и горизонтальном положениях.

Головка долбежная (фиг. 143). Позволяет выполнять на горизонтально-фрезерных станках долбежные работы. Резцедержатель относительно оси шпинделя станка может поворачиваться под любым углом.

Головка для строжки по замкнутому контуру (фиг. 144). Предназначается для строжки канавок по замкнутому контуру. При вращении оправки 1 резцы, установленные в державке 2, помещенной в корпусе ползуна 3, совершают перемещение по заданному контуру. Для этой цели служат копиры основной 4 и вспомогательный 5. Для обеспечения параллельного движения резцов на радиусных участках заданного контура державка 2, движущаяся по копиру, поворачивается благодаря направляющему ролику 6.

Приспособление для фрезерования зубьев реек (фиг. 145). Обработываемая рейка 1 устанавливается на подвижной части приспособления 2. Закрепление производится планкой 3 к упору 4. В зависимости от ширины рейки планка может переставляться. Перемещение подвижной части приспособления осуществляется с помощью винта 5 рукояткой 6. Перемещение на заданный шаг рейки фиксируется включением штыря 7 делительного устройства 8. Приспособление устанавливается на горизонтально-фрезерном станке.

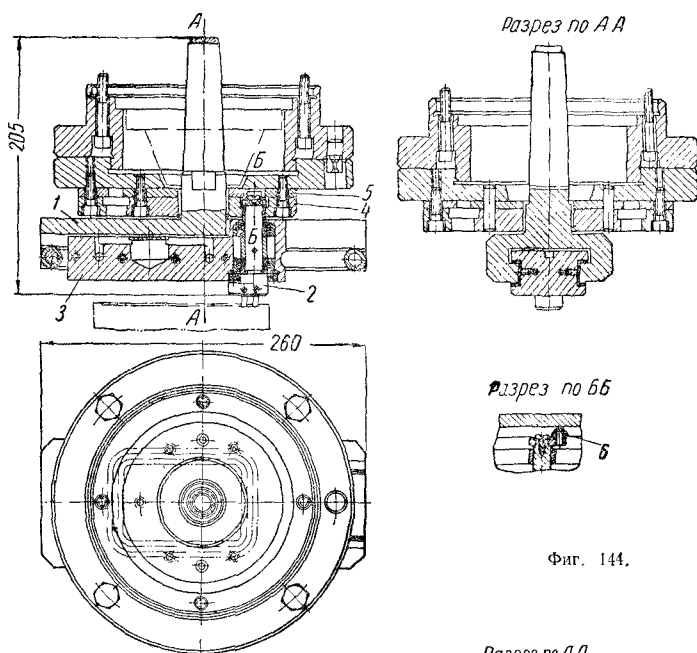
Приспособление для шлифования (фиг. 146). Служит для шлифования поверхностей на плоскошлифовальном станке. Устанавливается на магнитном столе. Через стальные пластины 1 с антимагнитными прокладками 2, расположенными в подушке 3 и плите 4, обеспечивается передача магнитных усилий. Установка подушки на требуемый угол с точностью до $\pm 30'$ производится по шкале.

Более точная установка производится набором эталонных пластинок между базой 5 и штифтом 6. Закрепление в заданном положении осуществляется болтами 7.

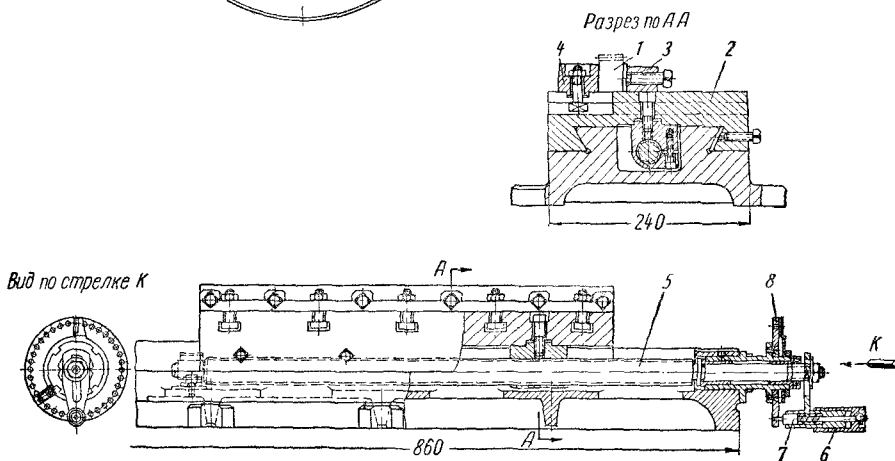
Размер N набора пластинок может быть рассчитан по формуле

$$N = B \pm R \sin \alpha,$$

где α — требуемый угол поворота.



Фиг. 144.



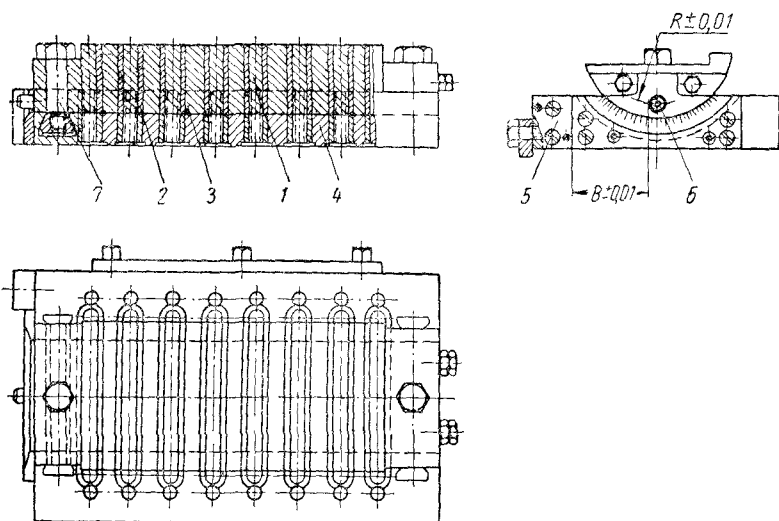
Фиг. 145.

Универсально-сборные приспособления (УСП). Универсально-сборные приспособления в отличие от обычных универсальных конструкций собираются из нормализованных заранее изготовленных деталей и узлов (фиг. 147—149).

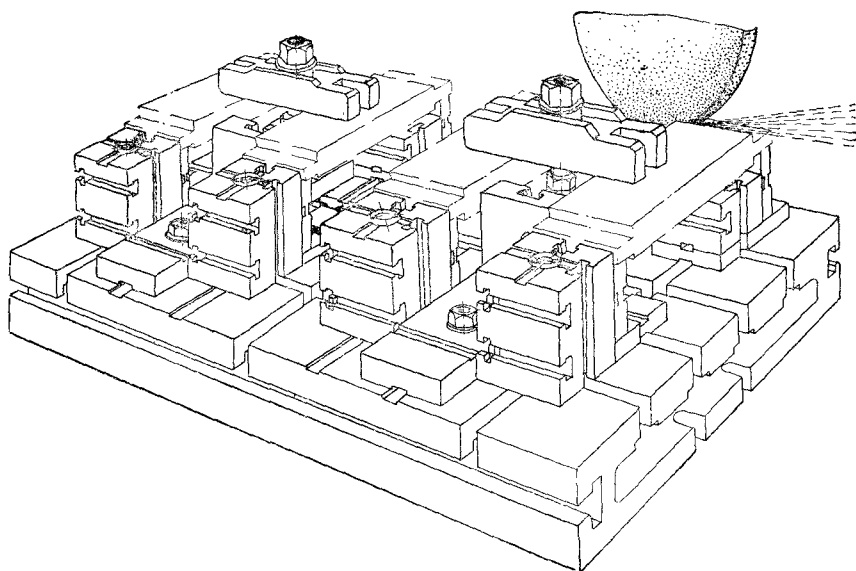
Путем подбора требуемых узлов и деталей может быть обеспечена сборка при-

способлений для различных видов станочной обработки.

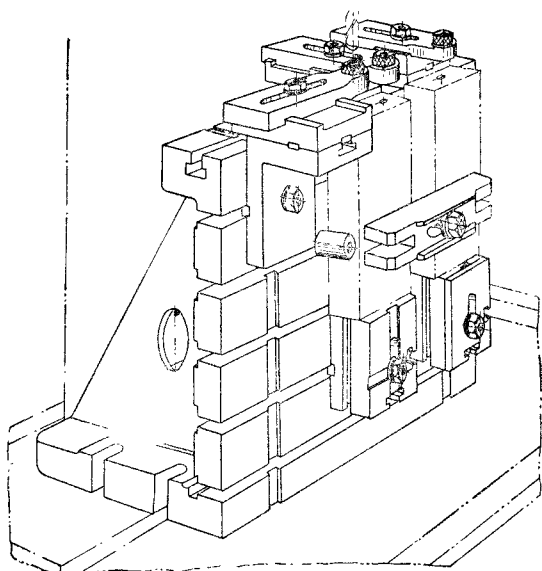
УСП после разового применения разбираются, а составляющие детали сдаются на склад и хранятся для дальнейшего использования. Основным преимуществом УСП перед обычными конструкциями приспособлений является возможность



Фиг. 146.



Фиг. 147.



Фиг. 148.

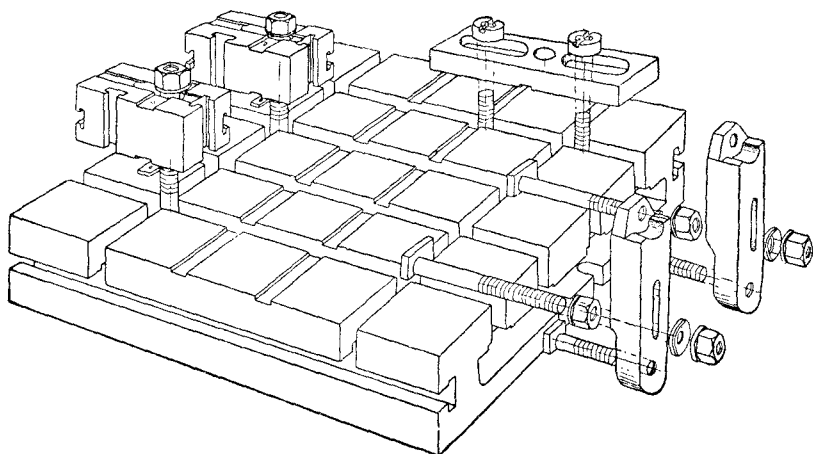
быстрой сборки приспособления требуемой конструкции. Время, необходимое на сборку одного приспособления, не превышает 3—4 час.

Для обеспечения точности собираемых приспособлений и придания прочности и износоустойчивости составляющим деталям они изготавливаются из сталей легированных марок, обрабатываются и доводятся до заданных размеров шлифованием вручную.

Для сборки приспособлений необходимо иметь комплекты готовых нормализованных деталей, номенклатура которых устанавливается в зависимости от собираемых приспособлений.

234. Основные детали универсально-сборных приспособлений (УСП)

Базовые (плиты, планшайбы, угольники)			
Опорные (опоры, призмы, штыри опорные и др.)			
Установочные (шпонки, пальцы, штыри установочные и др.)			
Направляющие (кондукторные втулки и планки)			
Прижимные (прихваты)			



Фиг. 149.

235. Материалы, применяемые при изготовлении основных деталей приспособлений

Наименование деталей	Материал			Термообработка до твердости R_C
	Наименование	Марка	ГОСТ	
Втулки кондукторные постоянные и сменные $d < 25$ мм Копирующие ролики, копиры Пальцы установочные цилиндрические и срезанные $d < 16$ мм Цанги	Сталь инструментальная	У10А, У12А	1435-54	58—63
		У8А, У10А		58—63
		У7А, У8А		55—60
		У6А-У10А		55—60
Втулки кондукторные постоянные и сменные $d > 25$ мм Втулки вращающиеся для расточных борштанг Опоры грибовые и опорные пластины Оправки цельные конусные, шлицевые и др. Пальцы установочные цилиндрические и срезанные диаметром 16 мм Призмы для центрирования Установы под шупы Пальцы фиксаторные отводные и съемные Эксцентрики	Сталь качественная углеродистая	20	1050-57	60—65
		20		60—65
		45, 20		45—60
		20, 20Х		По надобности
		20, 20Х		55—60
		20		55—60
		20		60—65
		20		55—60
Втулки, передающие зажимающее усилие гидропласта	Сталь легированная	30ХГС	4543-57	46—52
		33ХС		
Прихваты и планки для зажима	Сталь углеродистая качественная	45	1050-57	40—45
Корпусы приспособлений	Чугун серый	СЧ 12-28, СЧ 15-32	1412-54	—

КИНЕМАТИЧЕСКАЯ НАСТРОЙКА МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ

Общие положения кинематической настройки

Кинематическая настройка металлорежущих станков имеет целью обеспечить необходимое движение режущего инструмента относительно заготовки для изготовления деталей заданной конфигурации с требуемой точностью и производительностью.

Для этого инструмент и заготовка должны быть определенным образом кинематически связаны между собой и с источником движения. Такая связь обеспечивается кинематическими цепями станка.

Кинематической цепью называется совокупность последовательно расположенных кинематических пар (передаточных звеньев), вызывающих движения одного звена механизма с другим.

Кинематические цепи металлорежущих станков, как правило, имеют органы настройки, с помощью которых обеспечивается возможность получения нужных перемещений конечных их звеньев.

Основные положения кинематической настройки станков были впервые сформулированы проф. Г. М. Головиным, показавшим, что настройка всех металлорежущих станков может производиться по единой методике.

Виды передач и их передаточные отношения

В кинематических цепях металлорежущих станков применяются ременные, цепные, зубчатые, червячные и некоторые другие виды передач.

Если кинематическая цепь состоит из нескольких зубчатых колес (фиг. 150) и известно число оборотов в минуту ведущего вала $n_{вц}$, то число оборотов ведомого вала $n_{вм}$ можно определить по формуле

$$n_{вм} = n_{вц} \cdot \frac{z_1}{z_2} \cdot \frac{z_2}{z_3} \cdot \frac{z_4}{z_5}.$$

Выражение

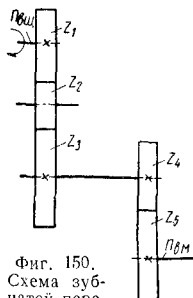
$$\frac{z_1}{z_2} \cdot \frac{z_2}{z_3} \cdot \frac{z_4}{z_5} = \frac{n_{вм}}{n_{вц}} = i$$

называется *передаточным отношением* кинематической цепи. Оно показывает отношение числа оборотов ведомого вала $n_{вм}$ в минуту к числу оборотов ведущего вала $n_{вц}$ в минуту или отношение чисел зубьев ведущих зубчатых колес z_1 и z_4 к числам зубьев ведомых z_3 и z_5 .

Некоторые зубчатые колеса являются одновременно и ведущими, и ведомыми (z_2). Такие зубчатые колеса называются *паразитными*. Наличие в передаче паразитного колеса не влияет на величину ее общего передаточного отношения, а лишь изменяет направление вращения ведомого вала.

Для червячной передачи передаточное отношение

$$i = \frac{K}{z},$$



Фиг. 150.
Схема зубчатой передачи.

где K — число заходов червяка; z — число зубьев червячного колеса.

Для ременной передачи передаточное отношение

$$i = \frac{d_1}{d_2} \eta,$$

где d_1 и d_2 — диаметры ведущего и ведомого шкивов; $\eta = 0,98 \div 0,99$ — коэффициент, учитывающий скольжение ремня.

Для цепной передачи передаточное отношение $i = \frac{z_1}{z_2}$, где z_1 и z_2 — числа зубьев звездочек.

Преобразование вращательного движения в поступательное в металлорежущих станках наиболее часто осуществляется реечными и винтовыми передачами.

При реечной передаче за n оборотов реечной шестерни рейка перемещается на длину l , которая может быть определена по формуле

$$l = nzt,$$

где z — число зубьев шестерни, t — шаг зуба рейки.

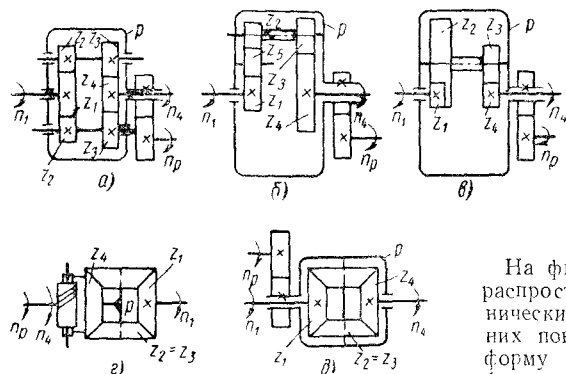
При винтовой передаче за n оборотов винта гайка, движущаяся только поступательно, пройдет расстояние $l = ntK$, где t — шаг винта, K — заходность винта.

Планетарные передачи, часто встречающиеся в станках, требуют особых методов расчета передаточных отношений.

Планетарной называется зубчатая передача, у которой геометрические центры одного или нескольких колес имеют линейные скорости (фиг. 151). Такие зубчатые колеса z_2 и z_3 называются сателлитными или планетарными. Зубчатые колеса, вокруг которых вращаются сателлиты, называются центральными (z_1 и z_4), а звено.

сообщающее осям сателлитов линейную скорость, — поводком или водилом p^* .

Планетарные передачи чаще всего используются в станках, как суммирующие механизмы или дифференциалы, а также



Фиг. 151 Схемы планетарных передач.

для осуществления больших передаточных чисел.

В дифференциале из трех его звеньев (z_1 , z_4 и p) любые два являются ведущими, а третье ведомым, на котором и суммируются первые два движения.

Для определения передаточного отношения дифференциала служит формула Виллиса

$$\frac{n_1 - n_p}{n_4 - n_p} = \frac{z_2 z_4}{z_1 z_3} (-1)^m,$$

где n_1 и n_4 — числа оборотов центральных шестерен; n_p — число оборотов поводка; m — число зацеплений, т. е. число последовательно работающих пар шестерен.

Таким образом, по заданным числам оборотов двух приводов можно определить суммарное число оборотов, которое получается на выходном валу.

Для дифференциала (фиг. 151, а) число зацеплений $m = 2$ (вторая пара сателлитов на кинематику никакого влияния не оказывает, а лишь выравнивает нагрузку на центральное колесо), следовательно,

$$\frac{n_1 - n_p}{n_4 - n_p} = \frac{z_2 z_4}{z_1 z_3} (-1)^2 = \frac{z_2 z_4}{z_1 z_3}$$

Для дифференциала (фиг. 151, б) число зацеплений $m = 3$, следовательно,

$$\frac{n_1 - n_p}{n_4 - n_p} = \frac{z_2 z_4}{z_1 z_3} (-1)^3 = -\frac{z_2 z_4}{z_1 z_3}.$$

Если в дифференциале применены колеса с внутренним зацеплением (фиг. 151, в), то числа их зубьев вносят в формулу со знаком минус:

$$\frac{n_1 - n_p}{n_4 - n_p} = \frac{-z_2 \cdot z_4}{z_1 \cdot z_3} (-1)^2 = -\frac{z_2 \cdot z_4}{z_1 \cdot z_3}.$$

На фиг. 151, г и д показаны широко распространенные в станкостроении конические дифференциалы. У первого из них поводок, несущий сателлиты, имеет форму Т-образного вала, а у второго функции поводка выполняет корпус дифференциала.

У конического дифференциала коническое колесо сателлита как бы совмещает в себе кинематически два зубчатых колеса (z_2 и z_3) цилиндрического дифференциала (фиг. 151, а, б, в), причем $z_2 = z_3$, поэтому для конического дифференциала приведенная выше формула Виллиса приобретает следующий вид:

$$\frac{n_1 - n_p}{n_4 - n_p} = -1.$$

Знак минус здесь объясняется тем, что при остановленном поводке центральные зубчатые колеса вращаются в разных направлениях.

Обычно при составлении уравнений баланса кинематических цепей, в которых имеется дифференциал, необходимо знать его передаточное отношение не суммарное, а как одноприводной передачи. Тогда условно считают, что второй привод неподвижен, и таким образом определяют передаточное отношение.

Поясним примерами.

При составлении уравнения баланса цепи обкатки зубошлифовального станка 5831 (см. фиг. 173) считаем, что второй привод дифференциала (от делительной цепи) неподвижен. Следовательно, неподвижен корпус дифференциала, и передаточное отношение здесь берется, как для обычной зубчатой передачи: $i_{d1} =$

$$= \frac{22}{24} \cdot \frac{22}{32}.$$

* У цилиндрических планетарных передач, показанных на фиг. 151, а, б, в, д, поводком является корпус механизма

При составлении уравнения баланса цепи деления считаем, что центральное зубчатое колесо $z_1 = 22$ неподвижно, тогда $n_1 = 0$, следовательно,

$$\frac{-n_p}{n_4 - n_p} = \frac{z_2 \cdot z_4}{z_1 \cdot z_3} (-1)^2,$$

откуда

$$i_{\partial 2} = \frac{n_4}{n_p} = 1 - \frac{z_1 \cdot z_3}{z_2 \cdot z_4} = 1 - \frac{22 \cdot 22}{24 \cdot 32}.$$

Передаточное отношение конического дифференциала зубофрезерного станка 5Б32 (см. фиг. 162) для цепи обкатки будет определяться из условия, что второй привод (от гитары дифференциала, через червячную пару) неподвижен, тогда по формуле Виллиса имеем

$$\frac{n_1 - n_p}{n_4 - n_p} = -1; n_4 = 0; i_{\partial 1} = \frac{n_p}{n_1} = \frac{1}{2}.$$

В уравнении баланса дифференциальной цепи в данном случае $n_1 = 0$, следовательно,

$$i_{\partial 2} = \frac{n_p}{n_4} = \frac{1}{2}.$$

Механизмы настройки станков

Для настройки станков необходимо осуществлять различные передаточные отношения. Для этой цели служат сменные шкивы, сменные зубчатые колеса, размещенные на гитаре, и специальные механизмы, которые дают возможность получить необходимые передаточные отношения путем соответствующих переключений.

В табл. 236 приведены наиболее распространенные в станках механизмы, при помощи которых обеспечивается получение различных передаточных отношений.

В цепях главного движения и подачи допускается применение передач, работающих со скольжением (ременные передачи, фрикционные муфты и т. д.). В делительных, винторезных и других цепях, где необходимо обеспечить точное передаточное отношение, применение фрикционных передач недопустимо.

Передаточные отношения в скоростных цепях и цепях подачи выбираются исходя из режимов обработки и, как правило, не требуют точного определения. Отклонение от заданного значения передаточного числа скажется в этом случае на времени изготовления детали, но не на точности обработки.

Для подсчета передаточного отношения скоростных цепей и цепей подачи необходимо знать число оборотов шпинделя n в минуту, число двойных ходов стола n в минуту или величину подачи суппорта s станка.

Величины n и s нормализованы и согласно нормали станкостроения Н11-1 расположены по геометрической прогрессии со стандартным знаменателем прогрессии φ . Всего предусмотрено семь рядов со следующими знаменателями φ : 1,06; 1,12; 1,26; (1,41); 1,58; (1,78); 2*.

Требуемое число оборотов шпинделя n выбирается по формуле

$$n_k = n_{\min} \varphi^{k-1},$$

где n_{\min} — минимальное число оборотов шпинделя; k — порядковый номер соответствующей скорости коробки передач.

Отношение максимального числа оборотов шпинделя к минимальному называется *диапазоном регулирования*:

$$D = \frac{n_{\max}}{n_{\min}}.$$

Для универсальных станков диапазон регулирования в среднем составляет $D = 30 \div 80$, а для специальных и специализированных станков $D = 3 \div 30$.

Для определения требуемого передаточного отношения в скоростных цепях необходимо определить, исходя из режимов резания, число оборотов шпинделя $n_{\text{шт}}$, округлить его до ближайшего нижнего стандартного значения n_k , имеющегося на станке, и определить

$$i = \frac{n_k}{n_0},$$

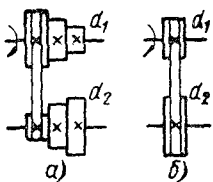
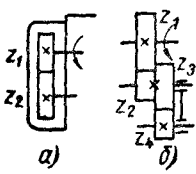
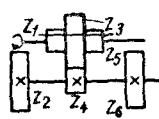
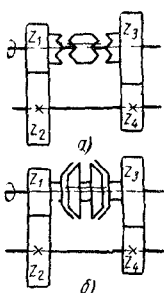
где n_0 — число оборотов электродвигателя или ведущего вала коробки скоростей.

Аналогично подсчитываются передаточные числа в коробках подачи.

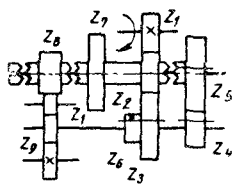
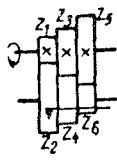
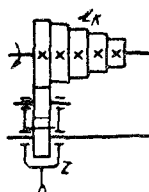
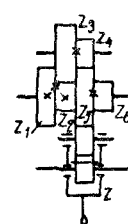
При работе на универсальных станках, имеющих коробки скоростей и подачи, обычно нет необходимости подсчитывать передаточные отношения, так как соответствующая скорость устанавливается по таблице на станке. Однако эти расчеты необходимы при модернизации станков и при проверках кинематических параметров, например, импортного оборудования.

* Ряды скоростей и подач с знаменателями, заключенными в скобки, применяются в исключительных случаях.

236. Основные механизмы для настройки станков

Наименование и схема передачи	Область применения и диапазон регулирования	Передаточное отношение
<p>Сменные или ступенчатые шкивы</p>  <p>а) б)</p>	<p>Применяются преимущественно в приводах главного движения.</p> $D = 4 \div 6.$ <p>Число ступеней 2—4</p>	$i = \frac{d_1}{d_2}$
<p>Гитары сменных зубчатых колес</p>  <p>а) б)</p>	<p>Применяются в станках массового и серийного производства, а также в универсальных станках в сочетании с другими механизмами. Для однопарной гитары</p> $L \leq 10;$ $z_1 + z_2 = \text{const}$	<p>Однопарная гитара</p> $i = \frac{z_1}{z_2};$ <p>Двухпарная гитара</p> $i = \frac{z_1}{z_2} \cdot \frac{z_3}{z_4}$
<p>Передвижные шестерни</p> 	<p>Имеют наибольшее распространение в скоростных цепях</p> $L \leq 5$ <p>Число шестерен в блоке 2—4</p>	$i_1 = \frac{z_1}{z_2};$ $i_2 = \frac{z_3}{z_4};$ $i_3 = \frac{z_5}{z_6}$
<p>Шестерни с зубчатыми и фрикционными муфтами</p>  <p>а) б)</p>	<p>Имеют наибольшее распространение в скоростных цепях. В делительных цепях фрикционные муфты не применяются</p> $L \leq 5$	$i_1 = \frac{z_1}{z_2};$ $i_2 = \frac{z_3}{z_4}$

Продолжение табл. 236

Наименование и схема передачи	Область применения и диапазон регулирования	Передаточное отношение
<p>Зубчатый перебор</p> 	<p>Применяется в скоростных цепях для резкого уменьшения числа оборотов, а также в качестве звена увеличения шага резьбы. Число переключений 2—3.</p> $D \leq 16$	$i_{n1} = \frac{z_2 z_4}{z_3 z_5};$ $i_{n2} = \frac{z_7 z_4}{z_6 z_5};$ $i_{\text{зв}1} = \frac{z_8}{z_1} \cdot \frac{z_3}{z_2} = \frac{1}{i_{n1}};$ $i_{\text{зв}2} = \frac{z_5}{z_4} \cdot \frac{z_6}{z_7} = \frac{1}{i_{n2}};$
<p>Конусный набор с вытяжной шпонкой</p> 	<p>Применяется при невысоких скоростях в различных цепях (подач, деления и пр.).</p> $D = 2 \div 8$ <p>Число ступеней 2—6</p>	$i_1 = \frac{z_1}{z_2};$ $i_2 = \frac{z_3}{z_4};$ $i_3 = \frac{z_5}{z_6};$
<p>Конусный набор с наклидной шестерней</p> 	<p>Применяется при невысоких скоростях в цепях подач токарно-винторезных станков</p> $D = 2 \div 4$ <p>Число ступеней 6—12</p>	$i = \frac{z_K}{z}$
<p>Механизм мезандр (множительный механизм)</p> 	<p>Применяется при невысоких скоростях в цепях подач токарно-винторезных станков.</p> $D = 16 \div 64$ <p>Число ступеней 4—6. Обычно $\varphi = 2$</p>	$i_1 = \frac{z_1}{z};$ $i_2 = \frac{z_2}{z};$ $i_3 = \frac{z_2}{z_3} \cdot \frac{z_4}{z};$ $i_4 = \frac{z_2}{z_3} \cdot \frac{z_4}{z_5} \cdot \frac{z_6}{z};$

В делительных и других точных цепях станков передаточное отношение должно быть определено при настройке станка и выбрано с возможно большей точностью. В этом случае в качестве звеньев настройки применяются, как правило, гитары сменных шестерен.

Подбор сменных зубчатых колес

В металлорежущих станках широко применяются гитары со сменными шестернями, устанавливаемыми на валиках или осях, межосевые расстояния которых можно изменять (табл. 236). Гитары со сменными зубчатыми колесами играют особенно важную роль в настройке зуборезных, резьбонарезных и других станков.

Рекомендуется следующий ряд чисел *зубьев для сменных колес гитар*: 20; 23; 25; 30; 33; 34; 35; 37; 40; 41; 43; 45; 47; 50; 53; 55; 58; 59; 60; 61; 62; 65; 67; 70; 71; 73; 75; 79; 80; 83; 85; 89; 90; 92; 95; 97; 98; 100; 105; 110; 113; 115; 120; 127. Для настройки токарно-винторезных станков из данного ряда берутся шестерни с числом зубьев, кратным пяти (*пятковый набор*). В этом наборе имеется по две шестерни $z = 25$ и $z = 40$, а также шестерни $z = 71$; 113; 127. Для настройки зуборезных станков берется весь ряд шестерен до $z = 100$ (*зуборезный набор*).

Подбор чисел зубьев сменных колес гитар является одним из важных элементов настройки кинематических цепей станков.

Передаточное отношение двухпарной гитары определяется по формуле

$$i = \frac{z_1 z_3}{z_2 z_4},$$

где z_1 , z_2 , z_3 и z_4 — число зубьев колес. Гитара обычно предусматривает установку паразитных колес, которые не влияют на передаточное отношение и включаются в набор с целью изменения направления вращения ведомого звена. Обмен местами между собой ведущих (z_1 с z_3) или ведомых (z_2 с z_4) колес также не влияет на величину передаточного отношения, но может оказаться полезным в смысле возможности или удобства установки колес на валиках или на пальце, укрепляемом в корпусе гитары.

После определения требующихся чисел зубьев сменных колес необходимо проверить, устанавливаются ли они на

гитаре так, чтобы головки зубьев шестерен z_2 и z_3 не задевали валиков, на которых закреплены шестерни z_1 и z_4 . Для этого должно быть выдержано следующее условие сцепляемости:

$$z_1 + z_2 > z_3 + 15 \text{ зубьев}$$

и

$$z_3 + z_4 > z_2 + 15 \text{ зубьев.}$$

При получении передаточного отношения при помощи сменных шестерен применяются точные и приближенные способы подбора чисел их зубьев.

Точный метод подбора сменных зубчатых колес. Весьма часто передаточное отношение представляет простую дробь с небольшими и разлагающимися на множители числителем и знаменателем. Разложив их на множители, производят сокращение, а затем вводят дополнительные множители, комбинируя их так, чтобы получить выражение через числа зубьев имеющихся в комплекте сменных зубчатых колес.

Поясним это на примере.

$$i = \frac{z_1 z_3}{z_2 z_4} = \frac{156}{322} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 13}{2 \cdot 7 \cdot 23}.$$

Сгруппируем множители в четыре группы (по числу зубчатых колес набора) и умножим произведение каждой группы на число, равное или кратное 5:

$$i = \frac{(2 \cdot 3) (13)}{(7) (23)} = \frac{(2 \cdot 3 \cdot 5) (13 \cdot 5)}{(7 \cdot 5) (23 \cdot 5)} = \frac{30 \cdot 65}{35 \cdot 115}.$$

Проверка полученного набора на сцепляемость показывает, что не выдержано условие $z_1 + z_2 > z_3 + 15$. Поменяв местами z_1 и z_3 , получим числа зубьев, которые удовлетворяют условию сцепляемости:

$$i = \frac{65 \cdot 30}{35 \cdot 115}.$$

Если отдельные множители или произведение множителей, образующих одну группу, превышает число 24, то подбор шестерен из пяткового набора по данному методу становится невозможным, так как $24 \cdot 5 = 120$. В таких случаях применяют приближенные методы подбора зубчатых колес или вводятся специальные сменные шестерни.

Приближенные методы подбора сменных зубчатых колес. Во многих случаях передаточное отношение оказывается выраженным настолько сложным числом, что подобрать сменные колеса можно лишь приближенным способом. Его особенно часто приходится применять при настройке сложных станков (например, зубообрабатывающих). Ошибка, получающаяся на изделии в результате приближенного подбора, не должна превышать допускаемой.

Абсолютная погрешность Δi приближенной настройки есть разность между передаточными отношениями, заданным i и полученным в результате приближенной настройки i_1 .

Относительная погрешность δ приближенной настройки есть отношение абсолютной погрешности к заданному передаточному отношению:

$$\delta = \frac{\Delta i}{i}.$$

По относительной погрешности можно определить суммарную ошибку на заданной длине ΔL или шаге Δt и сравнить ее с допускаемой:

$$\Delta L = \delta L;$$

$$\Delta t = \delta t$$

(обычно $L = 1$ м).

В станкостроении принято производить подсчет передаточного отношения при приближенных настройках с точностью до пятого знака после запятой.

Наибольшее распространение в практике станкостроения получили следующие приближенные способы подбора колес.

Табличный способ [7]. Заданное передаточное отношение необходимо обратить в десятичную дробь с точностью до пятого знака после запятой, причем если $i > 1$, то берется обратная дробь. Затем по таблицам необходимо найти равное или ближайшее десятичное значение, а рядом в графе — соответствующую ему простую дробь. Числитель и знаменатель этой дроби надо разложить на простые множители, по таблицам, приведенным в конце книги [7].

В дальнейшем для подбора сменных зубчатых колес поступают так же, как и при точном подборе. Затем определяют погрешность настройки и сравнивают ее с допускаемой.

Пример. $i = 0,55517$. По таблице (стр. 244 [7])

$$i = 0,55517 = \frac{161}{290} = \frac{7 \cdot 23}{2 \cdot 5 \cdot 29}.$$

Подбор сменных зубчатых колес легко произвести зуберезным набором:

$$i = \frac{(7) (23)}{(2 \cdot 5) (29)} = \frac{(7 \cdot 2 \cdot 5) (23)}{(2 \cdot 5 \cdot 5) (29 \cdot 2)} = \frac{70 \cdot 23}{50 \cdot 58}.$$

В данном случае удалось произвести точный подбор ($\delta = 0$).

Пятковым набором здесь подбор невозможен, так как один из множителей разложения простой дроби больше 24 ($29 > 24$).

Берем следующее значение

$$i_2 = 0,55519 = \frac{171}{308} = \frac{3 \cdot 3 \cdot 19}{2 \cdot 2 \cdot 7 \cdot 11} = \frac{45 \cdot 95}{70 \cdot 110}.$$

что удовлетворяет условию зацепления.

Определим погрешность настройки;

$$\Delta i = 0,55517 - 0,55519 = -0,00002;$$

$$\delta = -\frac{0,00002}{0,55517} = -0,000036;$$

$$\Delta L_{1м} = -0,000036 \cdot 1000 = -0,036 \text{ мм}$$

(ошибка в мм на длине 1 м).

Логарифмический способ [10]. В основе этого способа приближенного подбора сменных колес также лежат таблицы. В этих таблицах для всех возможных сочетаний сменных колес полного набора, т. е. для всех возмож-

ных значений $i = \frac{z_1 z_3}{z_2 z_4}$, вычислены логарифмы передаточных отношений и затем их величины $\lg i = \lg (z_1 z_3) - \lg (z_2 z_4)$ расположены в виде таблицы возрастающих значений $\lg i$, которые соответствуют определенным сочетаниям сменных зубчатых колес ($z_1 z_3$ и $z_2 z_4$). Для любого требуемого передаточного отношения i в этой таблице легко найти числа зубьев всех четырех колес, отыскав в ней значение $\lg i_1$, возможно близкое к $\lg i$.

Относительная погрешность передаточного отношения

$$\delta = \frac{i - i_1}{i} = 1 - \frac{i_1}{i},$$

откуда

$$\frac{i_1}{i} = 1 - \delta \text{ и } \ln i_1 - \ln i = \ln (1 - \delta).$$

Так как погрешность δ очень мала, то с вполне достаточной для практики точностью можно написать:

$$\ln i_1 - \ln i = \ln (1 - \delta) \approx -\delta$$

и, переходя к десятичным логарифмам,

$$\delta = 2,3 (\lg i - \lg i_1),$$

где $\lg i$ — логарифм заданного передаточного отношения, а $\lg i_1$ взят из таблицы.

В описанных таблицах значения $\lg i$ даются лишь для $i < 1$ или $\lg i < 0$. Если передаточное отношение $i > 1$ или $\lg i > 0$, для пользования таблицами надо брать $\frac{1}{i}$ вместо i , т. е. $-\lg i$ вместо $+\lg i$.

Пример. $i = 0,83276$; $\lg i = \bar{1},92052 = -0,07948$.
По таблице ([10], стр. 55)

$$\lg i_1 = -0,07949.$$

и

$$i_1 = \frac{40 \cdot 89}{45 \cdot 95} = \frac{89}{45} \cdot \frac{40}{95};$$

при использовании зуборезного набора погрешность $\delta = 0,000023$;

$$\lg i_2 = -0,07957; \quad i_2 = \frac{40 \cdot 115}{65 \cdot 85} = \frac{115}{65} \cdot \frac{40}{85};$$

при использовании пяткового набора погрешность $\delta = 0,00018$.

Подбор на логарифмической линейке. Этот способ наиболее прост, но точность его невелика. Лишь в некоторых случаях может быть получена высокая точность.

Пусть необходимо установить передаточное отношение $i = \frac{5,237}{6}$.

Разделив на линейке, получим

$$i = \frac{5,237}{6} \approx 0,873.$$

Не смещая движок после деления, будем, передвигая визир, искать риски, совпадающие на основной шкале и на движке, т. е. будем искать, от деления каких двухзначных чисел может быть получено число 0,873. Находим

$$i \approx 0,873 \approx \frac{69}{79} \approx \frac{55}{63} \approx \frac{48}{55}$$

Подсчеты показывают, что наибольшую точность дает последняя пара, для которой $\delta = 0,0002$, и тогда

$$i \approx \frac{48}{55} = \frac{40 \cdot 60}{50 \cdot 55}.$$

Если, передвигая визир, не удается найти хорошо совпадающие риски, то следует передвинуть движок, поставив над заданным числом не 10, а 1, и продолжать поиски с другого конца основной шкалы.

Способ прибавления малых чисел к числителю и знаменателю передаточного отношения. Этот способ основан на том свойстве дробей, что если к числителю и знаменателю прибавить малое число (например, единицу), то новая дробь будет близка к исходной.

Таким образом, если требуется подобрать сменные зубчатые колеса для передаточного отношения $i = \frac{A}{B}$ и точный

подбор невозможен, то делается предположение, что передаточное отношение $i_1 = \frac{A \pm p}{B \pm p}$ весьма близко к заданному.

Абсолютная погрешность

$$\Delta i = i - i_1 = \frac{A}{B} - \frac{A \pm p}{B \pm p} =$$

$$= \frac{A(B \pm p) - B(A \pm p)}{B(B \pm p)} =$$

$$= \frac{\pm p(A - B)}{B(B \pm p)} \approx \frac{\pm p(A - B)}{B^2}.$$

Относительная погрешность

$$\delta = \frac{\Delta i}{i} = \frac{\pm p(A - B)}{BA}.$$

Отсюда видно, что погрешность тем меньше, чем меньше число p и разность

$A - B$, т. е. $\frac{A}{B}$ должно быть близким к единице. Если i значительно отличается от единицы, то следует ввести дополнительные множители и преобразовать дробь так, чтобы получить $i = \frac{c}{d} \cdot \frac{A}{B}$, где

$\frac{c}{d}$ — простая дробь, а $\frac{A}{B} \approx 1$.

Пример

$$i = \frac{277}{839}$$

Преобразуем, чтобы получить $\frac{A}{B} \approx 1$:

$$i = \frac{1}{3} \cdot \frac{277 \cdot 3}{839} \approx \frac{1}{3} \cdot \frac{(831 + 1)}{(839 + 1)} = \frac{1}{3} \cdot \frac{832}{840} =$$

$$= \frac{1}{3} \cdot \frac{2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 13}{2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 7} = \frac{8}{15} \cdot \frac{13}{21} = \frac{40}{75} \cdot \frac{65}{105};$$

$$\delta = \frac{1 \cdot (839 - 831)}{839 \cdot 831} = 0,000011.$$

Этот метод дает возможность без всяких таблиц при заданной допускаемой погрешности произвести подбор, учитывая

наличный комплект сменных зубчатых колес.

Уравнение баланса и настройка простых кинематических цепей универсальных станков. При кинематической настройке универсальных станков (токарных, фрезерных, сверлильных и др.) во многих случаях требуется обеспечить лишь необходимую скорость резания v и подачу s . Последние определяются по нормативам режимов резания в зависимости от вида обработки, инструмента и обрабатываемого материала.

Для вывода формул настройки необходимо составить так называемое *уравнение баланса кинематической цепи*, которое математически связывает движения начального и конечного звеньев цепи.

Уравнение баланса связывает числа оборотов или расчетные перемещения ведущего и ведомого звена через передаточные отношения промежуточных кинематических пар. В делительных, винторезных и других цепях уравнение баланса связывает, как правило, относительное движение инструмента и заготовки, которое зависит от характера технологического процесса.

В уравнение баланса входят кинематические пары с постоянным передаточным отношением p и звенья настройки с выбираемым передаточным отношением i . В общем виде, если при числе оборотов одного вала n_0 (шпинделя, ведущего вала, электродвигателя) другой вал (ходовой винт, кулачок, шпиндель) должен сделать n_1 оборотов, то расчетные перемещения записываются обычно как $n_0 \rightarrow n_1^*$, а уравнение баланса в общем виде: $n_0 \cdot p i = n_1$.

Из этого равенства определяется передаточное отношение звена настройки.

Расчетные перемещения для скоростной цепи будут

$$n_{эл} \rightarrow n_{шп}$$

и уравнение баланса

$$n_{эл} p \cdot i_v = n_{шп} = \frac{1000v}{\pi \cdot D},$$

где $n_{эл}$ — число оборотов электродвигателя в минуту; $n_{шп}$ — число оборотов шпинделя в минуту; v — скорость резания (по нормативам); D — диаметр заготовки (токарные, револьверные станки)

или инструмента (фрезерные, сверлильные станки); p — постоянное передаточное отношение скоростной цепи; i_v — передаточное отношение звена настройки (коробки скоростей).

Расчетные перемещения для цепи подачи: 1 оборот шпинделя $\rightarrow S$ мм/об.

Если движение подачи обеспечивается реечной передачей, уравнение баланса примет вид

$$1 p_1 i_s \pi m z = s \text{ мм/об.}$$

Если движение подачи обеспечивается винтовой парой, то

$$1 p_2 i_s t = s \text{ мм/об.}$$

В этих формулах p_1 и p_2 — постоянное передаточное отношение цепи подачи; i_s — передаточное отношение звена настройки (коробки подачи); z — число зубьев реечной шестерни; m — модуль реечной шестерни; t — шаг винта.

В некоторых случаях подача производится от отдельного электродвигателя с числом оборотов $n'_{эл}$ в минуту, тогда расчетные перемещения будут

$$n'_{эл} \rightarrow s_m$$

и уравнение баланса

$$n'_{эл} p_3 i_s t = s_m,$$

где s_m — подача в мм/мин.

В современных универсальных станках установка заданных чисел оборотов и подач производится путем переключений рукояток по таблицам, имеющимся на станках. Поэтому уравнения баланса скоростной цепи и цепи подачи приходится составлять главным образом при модернизации станка, когда изменяется привод или вносятся изменения в его кинематическую схему. С помощью уравнений баланса кинематических цепей оказывается возможным проводить при этом корректировку имеющихся на станке таблиц.

Настройка токарно-винторезных станков

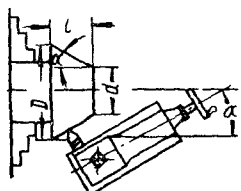
Кинематическая настройка токарно-винторезных станков при операциях обточки, расточки, отрезки и т. д. не представляет затруднений, так как нет необходимости в точном соотношении скоростей и подач.

Нарезание резьб и обточка конусов имеют свои особенности кинематической настройки.

* Знак \rightarrow здесь и ниже в данном разделе обозначает "соответствует".

Обточка конусов. Точение конусных деталей на токарных станках производится следующими способами: 1) поворотом верхней части суппорта, 2) смещением задней бабки и 3) с помощью копирувально-конусной линейки.

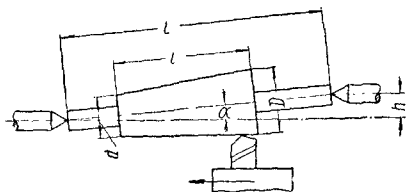
Первый способ применяется для обточки конусов с большим углом конуса. Верхнюю часть суппорта поворачивают на угол α , равный половине полного угла конуса (фиг. 152). Перемещение резца



Фиг. 152. Обточка конуса при помощи верхнего суппорта.

вдоль образующей конуса осуществляется вручную.

Второй способ применяется для обточки конусов с малой конусностью. Корпус задней бабки смещают в поперечном направлении так, чтобы ось заготовки образовала с направлением продольной по-



Фиг. 153. Обточка конуса смещением задней бабки.

дачи угол α (фиг. 153). Требуемая величина смещения h равна

$$h = L \sin \alpha,$$

где L — расстояние между центрами передней и задней бабок.

При малых значениях угла α

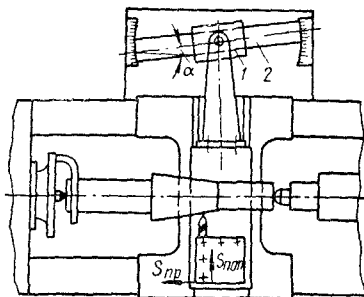
$$\sin \alpha \approx \operatorname{tg} \alpha,$$

тогда формула примет вид

$$h = L \operatorname{tg} \alpha = L \frac{D - d}{2l},$$

где D и d — наибольший и наименьший диаметры обрабатываемого конуса; l — длина обточки.

Третий способ осуществляется следующим образом. При продольном перемещении каретки ползушка 1 (фиг. 154),



Фиг. 154. Обточка конуса при помощи копирной линейки.

скользя по повернутой под углом α линейке 2, получает поперечное перемещение и через тягу сообщает его поперечным салазкам суппорта. Последние должны быть освобождены от своего ходового винта.

Наклон образующей конуса равен наклону копирувальной линейки.

Нарезание резьб. Уравнение кинематического баланса винторезной цепи токарно-винторезного станка имеет следующий вид:

$$1 \text{ оборот шпинделя } p i t_x = \tau,$$

где p — постоянное передаточное отношение цепи подач; i — передаточное отношение гитары; t_x — шаг ходового винта; τ — шаг нарезаемой резьбы.

Отсюда формула настройки

$$i = \frac{\tau}{p t_x}.$$

В современных токарно-винторезных станках настройка винторезной цепи осуществляется в основном через коробки подач путем установки рукояток управления в соответствующие положения. Однако коробка подач не может обеспечить настройку на нарезку резьб любого шага, поэтому в винторезных станках предусматривается также гитара сменных шестерен.

Для подбора сменных колес в станках, имеющих коробку подач, необходимо предварительно выбрать одно из имеющихся передаточных отношений коробки подач, а затем уже подобрать сменные колеса.

Настройка гитары производится, как правило, при нарезании специальных и нестандартных резьб.

При настройке могут встретиться два следующих случая.

1) Шаг τ нарезаемой резьбы выражен в тех же единицах измерения, что и шаг t_x ходового винта. Тогда в формулу настройки непосредственно подставляются заданные величины и производится подбор сменных колес по одному из изложенных выше способов.

2) Единицы измерения τ и t_x различны. Здесь необходимо предварительно выразить t_x и τ в одних и тех же единицах. Для дюймовой резьбы шаг

$$t = \frac{25,4}{W} \text{ мм},$$

где W — число ниток на 1" резьбы

Для модульной резьбы шаг

$$t = K\pi m \text{ мм},$$

где K — число заходов резьбы; m — модуль резьбы (целое число или правильная дробь).

Для питчевой резьбы шаг

$$t = K\pi \frac{25,4}{P} \text{ мм},$$

где P — диаметральный питч (целое число или правильная дробь).

Таким образом, при нарезании дюймовых, модульных и питчевых резьб в передаточных отношениях появляются так называемые особые множители π , 25,4 или их сочетание. В табл. 237 показано, в каких случаях применяются особые множители. Наличие π и 25,4 в передаточном отношении приводит к необходимости подбора шестерен изложенными выше способами или путем замены особых множителей приближенными отношениями (табл. 238).

В качестве примера на фиг 155 показана кинематическая схема универсального токарно-винторезного станка модели 1А62. Скорости шпинделя и подачи суппорта устанавливаются при помощи коробки скоростей и коробки подач. Коробка подач обеспечивает нарезание метрических, дюймовых, модульных и питчевых резьб, которые получаются за счет конусного набора, бло-

237. Особые множители в передаточном отношении при нарезании специальных резьб

Тип резьбы	Шаг резьбы в мм	Ходовой винт	
		метрический	дюймовый
Метрическая	мм	—	$\frac{1}{25,4}$
Дюймовая	$\frac{25,4}{W}$ мм	25,4	—
Модульная	$K\pi m$ мм	π	$\frac{\pi}{25,4}$
Питчевая	$K\pi \frac{25,4}{P}$ мм	$25,4\pi$	π

238. Приближенные значения особых множителей при нарезании резьб

(в скобках указаны погрешности шага резьбы в мм на длине 1 м)

π	$\frac{5,71}{113}$ (0,00006)	$\frac{13,29}{4,30}$ (0,02)	$\frac{8,97}{13,19}$ (0,03)	$\frac{25,47}{22,17}$ (0,04)	$\frac{19,21}{11,7}$ (0,04)	$\frac{32,27}{25,11}$ (0,07)	$\frac{22}{7}$ (0,4)
25,4	$\frac{127}{5}$ (0)	$\frac{40,40}{7,9}$ (0,12)	$\frac{18,24}{17}$ (0,46)	$\frac{11,30}{13}$ (0,61)	—	—	—
$\frac{\pi}{25,4}$	$\frac{47}{4,75}$ (0,005)	$\frac{5,19}{32,24}$ (0,10)	$\frac{12}{97}$ (0,21)	$\frac{23}{6,31}$ (0,23)	$\frac{22,5}{7,127}$ (0,4)	—	—
$\pi \cdot 25,4$	$\frac{10,17,23}{7,7}$ (0,01)	$\frac{21,19}{5}$ (0,05)	$\frac{128,48}{7,11}$ (0,05)	$\frac{30,1,5}{47}$ (0,11)	$\frac{22,330}{7,13}$ (0,40)	$\frac{27,65}{2,11}$ (0,30)	$\frac{22,127}{7,5}$ (0,40)

которая поворачивается на b' зубьев. Тогда

$$\frac{b'}{z_4} t_x = \frac{\tau}{K}$$

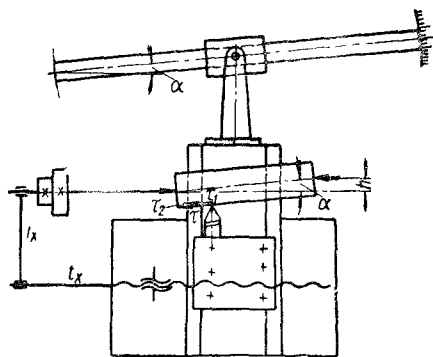
и

$$b' = \frac{\tau z_4}{K t_x}.$$

Здесь необходимо, чтобы τz_4 было кратным $K t_x$. Перемещение резца на $\frac{\tau}{K}$ можно осуществить также верхним суппортом с отсчетом величины $\frac{\tau}{K}$ по лимбу. Такой способ наиболее прост, но имеет малую точность.

Дифференциальные настройки токарно-винторезных станков. При нарезании особо точных резб и резб с нестандартным шагом не всегда удается осуществить точную настройку станка приведенными выше способами. В таких случаях производится дифференциальная настройка, которая дает возможность алгебраическим или геометрическим суммированием двух движений получить необходимое перемещение инструмента.

Когда на токарно-винторезном станке есть конусная линейка, можно осуществить дифференциальную настройку геометрическим суммированием. В таких случаях звеном настройки является не только гитара, но и линейка (фиг. 157).



Фиг. 157. Дифференциальная настройка токарного станка на нарезание резьбы.

Суммарное перемещение резца τ определяется движением каретки t_1 от ходового винта и перемещением верхнего суппорта t_2 от конусной линейки,

Шаг t_1 выбирают близким к τ , но такой, чтобы его можно было точно получить настройкой гитары шестерен или коробочной подач. Составляющую шага t_2 получают за счет конусной линейки. При этом

$$t_1 = \tau \cos \alpha \text{ и } h = l \sin \alpha.$$

Пример Нарезать резьбу с шагом $\tau = 4,02$ мм при шаге ходового винта $t_x = 6$ мм и длине обточки $l = 100$ мм.

Принимаем $t_1 = 4$ мм. Тогда передаточное отношение для настройки гитары смежных шестерен будет

$$i_x = \frac{t_1}{t_x} = \frac{4}{6} = \frac{40}{80} \cdot \frac{60}{45}$$

Угол поворота конусной линейки для получения необходимого шага определяется по формуле

$$\cos \alpha = \frac{t_1}{\tau} = \frac{4}{4,02} = 0,995;$$

$$\alpha = 5^\circ 40';$$

$$h = l \sin \alpha = 100 \cdot 0,098 = 9,8 \text{ мм}$$

При такой настройке не следует брать $\alpha > 8^\circ$, так как это приведет к неравномерному подъему витков резьбы, а также к повышению износа центровых отверстий у детали.

При работе на прецизионных винторезных станках для дифференциальной настройки можно использовать их коррекционные устройства*.

При помощи коррекционных устройств производится дополнительное перемещение резца для компенсации погрешностей шага ходового винта. Эти устройства используются также для создания искусственных отклонений от нормального шага там, где это требуется при нарезании специальных резб.

Коррекционные устройства чаще всего основаны на одном из следующих принципов:

- 1) поворота маточной гайки;
- 2) осевого перемещения, сообщаемого вращающемуся ходовому винту;
- 3) дополнительного поворота ходового винта путем использования механизма дифференциала.

Схемы использования коррекционных устройств для дифференциальной настройки станков, имеющих такие устройства, представлены в табл. 239.

* О коррекционных устройствах токарно-винторезных станков см. ниже в разделе „Способы повышения кинематической точности зуборезных и винторезных станков“, стр. 293.

В большинстве случаев коррекционные линейки винторезных станков делаются поворотными. Это дает возможность производить дифференциальную настройку станка. При установке линейки под углом α (табл. 239, поз. I) перемещение резца будет происходить как за счет вращения ходового винта, так и за счет поворота маточной гайки. Тогда суммарное перемещение резца T за один оборот ходового винта будет:

$$T = t_x + \Delta t,$$

где

$$\Delta t = \frac{T \operatorname{tg} \alpha}{2\pi R} \cdot t_x - \text{дополнительное переме-}$$

щение резца за счет поворота маточной гайки.

Тогда

$$T = t_x + \frac{T \operatorname{tg} \alpha}{2\pi R} t_x,$$

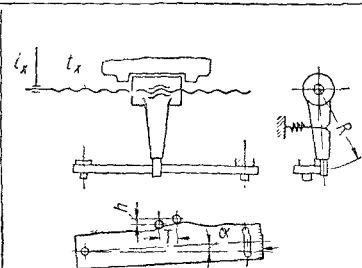
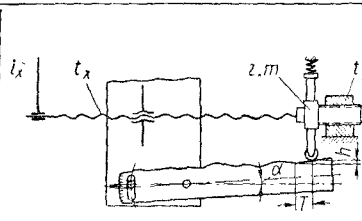
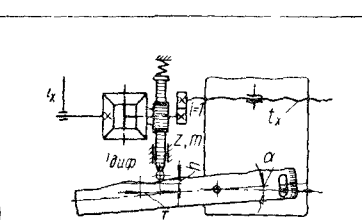
откуда

$$T = t_x + \frac{t_x^2 \operatorname{tg} \alpha}{2\pi R - t_x \operatorname{tg} \alpha},$$

где R — длина рычага гайки; α — угол наклона линейки.

Отсюда видно, что работа рассматриваемого механизма определяется алгебраической суммой слагающих перемещений под воздействием двух приводов: вращения ходового винта и поворота маточной гайки.

239. Дифференциальная настройка винторезных станков при помощи корректирующих устройств

Принцип работы	Схема	Данные для дифференциальной настройки
I. От коррекционной линейки маточная гайка получает поворот, компенсирующий ошибки ходового винта. Применяется в токарно-винторезных, резьбошлифовальных станках и делительных машинах		$T = t_x + \frac{t_x^2 \operatorname{tg} \alpha}{2\pi R - t_x \operatorname{tg} \alpha};$ $\tau = \tau_1 + \Delta\tau;$ $i_x = \frac{\tau_1}{t_x};$ $\operatorname{tg} \alpha = \frac{2\pi R}{t_x} \cdot \frac{\Delta\tau}{\tau}$
II. От коррекционной линейки через рейку и зубчатое колесо z поворачивается гильза с резьбой шага t_2 . Гильза ввинчивается в неподвижную гайку и перемещает в осевом направлении ходовой винт, компенсируя его ошибки. Применяется в резьбошлифовальных станках		$T = t_x + \frac{t_x t_2 \operatorname{tg} \alpha}{\pi m z - t_2 \operatorname{tg} \alpha};$ $\tau = \tau_1 + \Delta\tau;$ $i_x = \frac{\tau_1}{t_x};$ $\operatorname{tg} \alpha = \frac{\pi m z}{t_2} \cdot \frac{\Delta\tau}{\tau}$
III. От коррекционной линейки через рейку, зубчатое колесо и дифференциал сообщается дополнительный поворот ходовому винту, компенсирующий его ошибки. Применяется в резьбошлифовальных станках		$T = t_x + \frac{t_x^2 \operatorname{tg} \alpha}{2\pi m z - t_x \operatorname{tg} \alpha};$ $\tau = \tau_1 + \Delta\tau;$ $i_x = \frac{\tau_1}{t_x};$ $\operatorname{tg} \alpha = \frac{2\pi m z}{t_x} \cdot \frac{\Delta\tau}{\tau}$

Таким образом, при составлении уравнения баланса винторезной цепи в качестве шага ходового винта здесь следует брать суммарный шаг T .

Уравнение баланса будет:

$$1 \text{ оборот шпинделя} \cdot i_x T = \tau$$

или

$$i_x t_x + i_x \frac{t_x^2 \operatorname{tg} \alpha}{2\pi R - t_x \operatorname{tg} \alpha} = \tau,$$

примем

$$\tau = \tau_1 + \Delta\tau,$$

где τ_1 — перемещение резца от ходового винта; $\Delta\tau$ — дополнительное перемещение резца за счет поворота маточной гайки.

Подставим $\tau = \tau_1 + \Delta\tau$ в уравнение баланса и разобьем его на:

$$a) i_x t_x = \tau_1,$$

откуда для гитары сменных зубчатых

$$\text{колес } i_x = \frac{\tau_1}{t_x};$$

$$b) i_x \frac{t_x^2 \operatorname{tg} \alpha}{2\pi R - t_x \operatorname{tg} \alpha} = \Delta\tau,$$

откуда для коррекционной линейки

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{2\pi R}{t_x} \cdot \frac{\Delta\tau}{\tau}.$$

Пример. Настроить станок (схема I табл. 239) на нарезание резьбы шага $\tau = 12,01 \text{ мм}$, $t_x = 10 \text{ мм}$, $R = 120 \text{ мм}$.

Принимаем $\tau_1 = 12 \text{ мм}$; $\Delta\tau = 0,01 \text{ мм}$;

$$i_x = \frac{12}{10} = \frac{60 \cdot 40}{50 \cdot 40};$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{2\pi R}{t_x} \cdot \frac{\Delta\tau}{\tau} = \frac{2\pi 120}{10} \cdot \frac{0,01}{12,01} = 0,063;$$

$$\alpha = 3^\circ 36'.$$

Настройка делительных головок при работе на фрезерных станках

В числе работ, выполняемых на универсально-фрезерных станках, с точки зрения кинематики наибольшую сложность представляют работы, выполняемые с использованием делительных головок.

Делительные головки предназначены для осуществления точных периодических поворотов заготовки на равные и неравные доли окружности. Эти повороты обыч-

но выполняются вручную. Периодические повороты необходимы при обработке многих деталей на фрезерных станках, как, например, шлицевых валиков, зубчатых колес и звездочек, нанесении делений на деталях и др.

Кроме того, связав кинематически делительную головку с цепью подачи фрезерного станка, можно обрабатывать разнообразные детали, требующие фрезерования спирали на цилиндрических поверхностях и на плоскости.

В простейших делительных приспособлениях делительный диск устанавливается непосредственно на шпиндель. Число гнезд делительного диска должно быть равно или кратно числу нарезаемых на изделии канавок, и вся настройка сводится к подбору делительного диска. Точность отсчета, а следовательно поворота заготовки, целиком определяется точностью делительного диска.

Значительно большие возможности имеют делительные головки. В них для увеличения точности отсчета применены червячные передачи с передаточным отношением 1/40 или 1/60 (реже 1/80 и 1/120). Величина, обратная передаточному отношению, называется *характеристикой делительной головки* (N).

Многие головки имеют поворотную среднюю часть корпуса, что позволяет устанавливать их шпиндель с заготовкой под любым углом.

В зависимости от метода отсчета угла поворота заготовки делительные головки бывают следующих видов:

а) *лимбовые* с отсчетом угла поворота по лимбу, имеющему ряд окружностей с равномерно расположенными на них гнездами;

б) *безлимбовые*, в которых поворот заготовки на требуемый угол обеспечивается набором зубчатых колес (за целое число оборотов рукоятки);

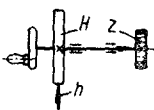
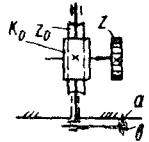
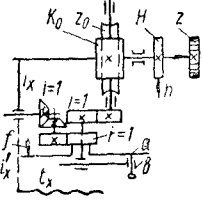
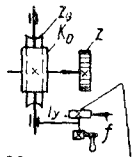
в) *оптические* с отсчетом угла поворота оптической системой.

В табл. 240 приведены кинематические схемы и краткие характеристики делительных головок основных типов.

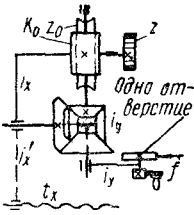
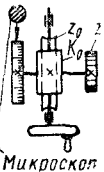
Наибольшее распространение имеют универсальные лимбовые делительные головки, которые можно настраивать на простое и дифференциальное деление, а также на фрезерование спиралей.

Ниже рассматривается кинематическая настройка универсальной лимбовой делительной головки Горьковского завода фрезерных станков (поз. II, б, табл. 240).

240. Основные типы делительных головок

Тип головки и ее кинематическая схема	Характеристика и применение	Уравнение баланса и формулы настройки
<p>I. Делительные приспособления</p> 	<p>Деление осуществляется непосредственным поворотом шпинделя с закрепленной на нем заготовкой. Отсчет угла поворота производится по диску H, имеющему одну или несколько окружностей с равномерно расположенными отверстиями. Строится с горизонтальной, вертикальной, реже с поворотной осью шпинделя. Применяются в массовом и серийном производстве</p>	<p>Непосредственное деление на z частей:</p> <p>а) в долях окружности:</p> $b \approx \frac{a}{z};$ <p>b — число отверстий, отсчитываемое по диску; a — число отверстий на окружности диска;</p> <p>б) в угловом измерении:</p> $\alpha^\circ = \frac{360^\circ}{z};$ <p>α° — угол поворота заготовки</p>
<p>II. Лимбовые делительные головки:</p> <p>а) простая</p>  <p>б) универсальная</p> 	<p>Деление производится через червячную передачу. Отсчет угла поворота при простом делении производится по неподвижному лимбу. При дифференциальной настройке универсальной головки по вращающемуся лимбу</p> <p>Универсальные делительные головки строятся с поворотной осью шпинделя и имеют передачу i'_x, позволяющую связывать при помощи сменных зубчатых колес шпиндель делительной головки с ходовым винтом стола, что дает возможность фрезеровать винтовые канавки</p>	<p>1. Простое деление на z частей:</p> $\frac{b}{a} = \frac{z_0}{K_0 z};$ <p>K_0 — заходность червяка; z_0 — число зубьев червячной шестерни.</p> <p>2. Дифференциальная настройка:</p> $\frac{b}{a} = \frac{z_0}{K_0 z}; i_x = \frac{z_0}{K_0} \left(1 - \frac{z}{z_1}\right);$ <p>i_x — передаточное отношение гитары деления; z_1 — приближенное число, близкое к z, для которого возможно простое деление.</p> <p>3. Фрезерование винтовых канавок:</p> $i'_x = \frac{t_x}{T} \cdot \frac{z_0}{K_0};$ <p>i'_x — передаточное отношение гитары винторезной цепи; t_x — шаг ходового винта станка; T — шаг фрезеруемой винтовой канавки</p> <p>После фрезерования очередной канавки деление:</p> $\frac{b}{a} = \frac{z_0}{K_0 z}$
<p>III. Безлиimbовые делительные головки:</p> <p>а) простая</p>  <p>одно отверстие</p>	<p>Деление производится через червячную передачу. Поворот заготовки на требуемый угол обеспечивается набором сменных колес за целое число оборотов рукоятки. Это облегчает работу с делительной головкой, но настройка ее сложнее</p>	<p>1. Простое деление на z частей:</p> $i_y = \frac{z_0}{K_n z}.$

Продолжение табл. 240

Тип головки и ее кинематическая схема	Характеристика и применение	Уравнение баланса и формулы настройки
<p>б) универсальная</p> 	<p>При дифференциальной настройке универсальной головки заготовке сообщается дополнительный поворот вторым набором сменных зубчатых колес через дифференциал. При помощи универсальной безлиम्бовой делительной головки можно фрезеровать спирали</p>	<p>2. Дифференциальная настройка: $i_y = \frac{z_0}{K_0 z_1 i_{\partial_1}}$; $i_x = \frac{z_0}{K_0 i_{\partial_2}} \left(1 - \frac{z}{z_1}\right)$; i_y и i_x — передаточные отношения гитар деления, i_{∂_1} и i_{∂_2} — передаточные отношения дифференциала. В данной схеме $i_{\partial_1} = 2$; $i_{\partial_2} = 1$. 3. Фрезерование винтовых канавок: $i'_x = \frac{t_x}{T} i_{\partial_2} \frac{z_0}{K_0}$. После фрезерования очередной канавки деление: $i_y = \frac{z_0}{K_0 z_1 i_{\partial_1}}$</p>
<p>IV. Оптические делительные головки</p> 	<p>Отличаются повышенной точностью. Поворот производится при непосредственном отсчете требуемого угла по делительному диску при помощи микроскопа. Наиболее часто применяется в качестве измерительного устройства</p>	<p>Непосредственное деление на z частей с отсчетом угла: $\alpha^\circ = \frac{360^\circ}{z}$</p>

Простое деление производится при закрепленном фиксатором f лимбе и расцепленной гитаре i_x . Для поворота заготовки на $\frac{1}{z}$ часть оборота

рукоятке необходимо сообщить $\frac{b}{a}$ оборота, где z — число, на которое должна быть разделена заготовка (число нарезаемых зубьев); a — число отверстий на одной из делительных окружностей лимба; b — число гнезд, на которое необходимо повернуть рукоятку при делительном процессе. Тогда уравнение баланса кинематической цепи головки будет

$$\frac{b}{a} \cdot \frac{K_0}{z_0} = \frac{1}{z},$$

где K_0 — заходность червяка; z_0 — число зубьев червячного колеса.

$$K_0 = 1; z_0 = 40, \text{ откуда } \frac{b}{a} = \frac{z_0}{z}.$$

К данной головке прилагается один двусторонний лимб, имеющий следующее число отверстий в каждом ряду: первая сторона лимба 24; 25; 28; 30; 34; 37; 38; 39; 41; 42 и 43 отверстия; вторая сторона лимба 46; 47; 49; 51; 53; 54; 57; 58; 59; 62 и 66 отверстий.

Пример. Настроить делительную головку для нарезания шестерни с $z = 26$ зубьям

Применяя приведенную выше формулу, получим

$$\frac{b}{a} = \frac{40}{26} = \frac{20}{13} = 1 \frac{7}{13} = 1 \frac{21}{39}.$$

т. е. рукоятке следует дать один полный оборот и еще повернуть ее на 21 отверстие по окружности лимба с 39 отверстиями

Простое деление можно осуществлять также при выключенном червяке непосредственным отсчетом угла поворота заготовки по диску H , закрепленному на шпинделе. Диск H имеет окружности с 24, 30 и 36 отверстиями, поворот его производится относительно фиксатора h .

При дифференциальной настройке, применяемой в тех случаях, когда имеющиеся лимбы не позволяют произвести простое деление, перемещение рукоятки отсчитывается относительно вращающегося лимба, для чего лимб связан со шпинделем головки гитарой i_x . Для поворота заготовки на $\frac{1}{z}$ оборота необходимо повернуть рукоятку относительно лимба на $\frac{b}{a}$ оборота, в то же время сам лимб повернется на $\frac{1}{z} i_x$ оборота. Следова-

тельно, рукоятка получит суммарное движение, равное $\frac{b}{a} + \frac{1}{z} i_x$.

Уравнение баланса кинематической цепи головки при этом будет

$$\left(\frac{b}{a} + \frac{1}{z} i_x \right) \frac{K_0}{z_0} = \frac{1}{z}.$$

В полученном уравнении два неизвестных: i_x и $\frac{b}{a}$. Для его решения прибавляем к правой части $\pm \frac{1}{z_1}$, где z_1 выбирается близким к z и равным или кратным числу отверстий на одной из окружностей лимба:

$$\frac{b}{a} \cdot \frac{K_0}{z_0} + \frac{1}{z} i_x \frac{K_0}{z_0} = \frac{1}{z} - \frac{1}{z_1} + \frac{1}{z_1}.$$

Расчленим это уравнение на два вспомогательных уравнения:

$$\frac{b}{a} \cdot \frac{K_0}{z_0} = \frac{1}{z_1} \text{ и } \frac{1}{z} i_x \frac{K_0}{z_0} = \frac{1}{z} - \frac{1}{z_1},$$

откуда

$$\frac{b}{a} = \frac{z_0}{K_0 z_1} \text{ и } i_x = \frac{z_0}{K_0} \left(1 - \frac{z}{z_1} \right).$$

Пример. Разделить заготовку на $z = 71$ часть. Принимаем $z_1 = 70$; тогда

$$\frac{b}{a} = \frac{z_0}{K_0 z_1} = \frac{40}{70} = \frac{16}{28};$$

$$i_x = \frac{z_0}{K_0} \left(1 - \frac{z}{z_1} \right) = \frac{40}{1} \left(1 - \frac{71}{70} \right) = -\frac{40}{70} = -\frac{30-60}{70-45}.$$

Знак минус показывает, что в гитару необходимо ввести паразитную шестерню.

Фрезерование винтовых канавок производится при согласованном вращательном и поступательном движении заготовки. Поступательное движение она получает вместе со столом, на котором установлена делительная головка, а вращательное — от ходового винта стола через гитару и лимб, соединенный с рукояткой головки.

На фиг. 158 показана кинематическая схема универсально-фрезерного станка модели 6Н82, налаженного на фрезерование винтовых канавок.

Уравнение баланса винторезной цепи при обозначениях, принятых на данной схеме, будет

$$1 \text{ оборот заготовки } \frac{z_0}{K_0} \cdot \frac{1}{i_x} t_x = T,$$

откуда

$$i'_x = \frac{t_x z_0}{T K_0}.$$

Во многих случаях подлежащая фрезерованию винтовая канавка может быть задана не шагом T , а углом подъема β , тогда предварительно подсчитывается шаг винтовой линии по формуле

$$T = \frac{\pi D}{\operatorname{tg} \beta},$$

где D — диаметр заготовки.

При фрезеровании винтовой канавки средняя плоскость фрезы должна совпадать с направлением винтовой линии, поэтому стол станка должен быть повернут на угол β , что можно выполнить лишь на универсально-фрезерных станках. После окончания фрезерования очередной канавки стол возвращается в исходное положение и затем методом простого деления заготовка поворачивается на $\frac{1}{z}$.

Таким образом можно фрезеровать винтовые канавки на режущем инструменте, цилиндрических кулачках, а также на цилиндрических зубчатых колесах.

Фрезерование спирали Архимеда на дисковых кулачках (фиг. 159, а) производится при равномерном вращении заготовки, согласованном с ее поступательным перемещением на фрезе. За один оборот заготовки она должна переместиться в радиальном направлении (на фрезе) на величину шага.

Уравнение баланса кинематической цепи, связывающей вращение заготовки с поступательным движением стола, при настройке на фрезерование спирали Архимеда выглядит так же, как уравнение баланса при фрезеровании винтовых канавок:

$$1 \frac{z_0}{K_0} \cdot \frac{1}{i_x} t_x = T,$$

откуда

$$i'_x = \frac{t_x}{T} \cdot \frac{z_0}{K_0}$$

(обозначения по фиг. 159).

Если задан не шаг T , а подъем кулачка h на угле φ (фиг. 159, а), T подсчитывается по формуле

$$T = \frac{360^\circ}{\varphi} \cdot h.$$

Пример. Настроить делительную головку на фрезерование архимедовой спирали со следующими параметрами: $\varphi = 120^\circ$; $h = 15,1$ мм; $t_x =$

$$= 6 \text{ мм. Шаг спирали } T = \frac{360}{120} \cdot 15,1 = 45,3 \text{ мм}$$

Принимая $T_1 = 50$ мм, получим

$$i'_x = \frac{t_x}{T_1} \cdot \frac{z_0}{K_0} = \frac{6}{50} \cdot \frac{40}{1} = \frac{40}{100} \cdot \frac{90}{30};$$

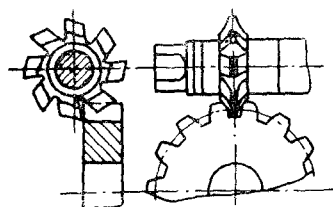
$$\sin \alpha = \frac{T}{T_1} = \frac{45,3}{50} = 0,906;$$

$$\alpha = 65^\circ.$$

Настройка зуборезных станков

Методы нарезания зубчатых колес. Нарезание зубчатых колес может осуществляться либо методом копирования, либо методом обкатки.

Метод копирования требует применения инструмента, очертание режущих кромок которого соответствует контуру впадин нарезаемых зубчатых колес (фиг. 160). По этому методу обра-



Фиг. 160. Схема нарезания цилиндрической шестерни модульной дисковой фрезой.

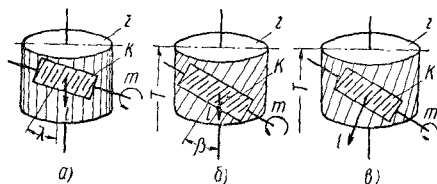
ботку производят Дисковыми или пальцевыми модульными фрезами, фасонными резцами или шлифовальными кругами, имеющими форму впадины нарезаемых зубьев. Метод копирования применяется как в мелкосерийном, так и в массовом производстве зубчатых колес. Процесс нарезания зубчатого колеса методом копирования складывается из повторяющихся обработок отдельных впадин и из делительных поворотов заготовки после прорезания очередной впадины. Для каждого числа зубьев, модуля и угла зацепления

требуется свой профиль режущего инструмента.

Метод обкатки получил наибольшее распространение вследствие большей производительности и точности. При этом методе обработки относительные перемещения заготовки и инструмента повторяют зацепление зубьев воображаемой зубчатой пары, положенной в основу работы станка. Такой парой может служить пара цилиндрических или конических зубчатых колес, червячная или реечная пара. В табл. 241 представлены зубчатые пары, на основе которых построены различные зубообрабатывающие станки и приведены расчетные перемещения их формообразующих цепей.

Зуборезные станки, работающие червячными фрезами. Зубофрезерные станки, в основу работы которых положена червячная пара, получили наибольшее распространение. Возможность обрабатывать зубчатые колеса методом обкатки с вращательным главным движением при непрерывном процессе деления позволила создать точные и высокопроизводительные зубофрезерные станки для обработки цилиндрических зубчатых колес с прямыми и винтовыми зубьями и червячных колес. На этих станках нарезают как мелкомодульные зубчатые колеса, так и колеса крупных модулей и размеров.

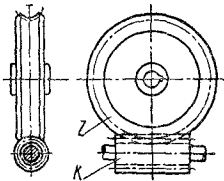
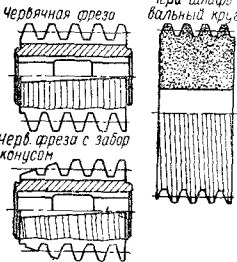
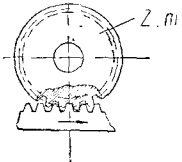
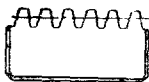
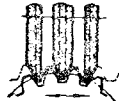
Нарезание цилиндрических зубчатых колес. Червячная фреза по отношению к заготовке играет роль червяка в червячной паре, поэтому связь между фрезой и заготовкой должна осуществляться по принципу червячной пары. Если обычный червяк введен в зацепление с прямозубым цилиндрическим зубчатым колесом (фиг. 161, а), то для совмещения винтовых

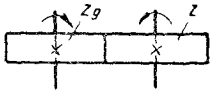

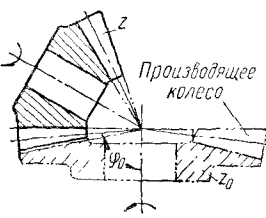
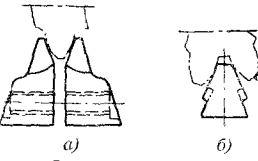


Фиг. 161. Схема нарезания цилиндрических колес червячной фрезой.

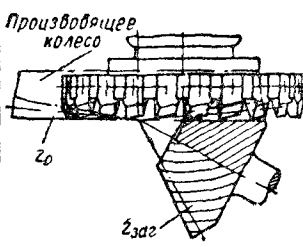
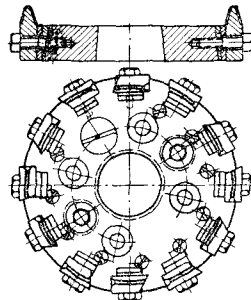
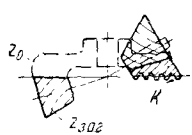
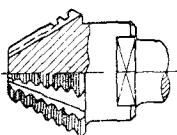
линий червяка и колеса ось червяка (червячной фрезы) необходимо повернуть на некоторый угол δ . В данном случае он равен углу подъема ниток червяка λ . Если же зубчатое колесо имеет винтовой

241. Нарезание зубчатых колес методом обкатки

Пара, положенная в основу работы станка	Режущий инструмент	Наименование и характеристика станков	Расчетные перемещения формообразующих цепей	Примеры станков, работающих по данному принципу
 <p>Червячная пара</p>		<p>Зубофрезерные и зубошлифовальные станки, обрабатывающие цилиндрические зубчатые колеса с прямым и винтовым зубом. На зубофрезерных станках обрабатываются также червячные зубчатые колеса</p>	<p><i>Фрезерование колес с винтовым зубом.</i> Обкатка: 1 оборот фрезы . . . $\frac{K}{z}$ оборотов заготовки</p> <p>Протягивание: 1 мм $\frac{l}{T}$ оборотов заготовки</p> <p><i>Шлифование.</i> Обкатка: 1 оборот червячного шлифовального круга $\frac{K}{z}$ оборотов заготовки (протягивание вдоль зуба) <i>Фрезерование червячных колес.</i> Обкатка: 1 оборот фрезы . . . $\frac{K}{z}$ оборотов заготовки</p> <p>Протягивание 1 мм . . . $\frac{l}{z \cdot \pi m}$ оборотов заготовки</p>	<p>Зубофрезерные 532, 5Б32, 5Д32, 5330 и др.; Пфаутер (RS00, RS3, R4 и др.); Рейнекер (RF-1, URF-2, URF-4 и др.); Найльс (RF-75, FF-1C5 и др.); зубошлифовальные 5830, 5832</p>
 <p>Реечная пара</p>	<p>а) </p> <p>б) </p>	<p>Зубодолбежные и зубошлифовальные станки, обрабатывающие цилиндрические зубчатые колеса с прямым и винтовым зубом</p>	<p>Обкатка πm рейки $\frac{1}{z}$ заготовки</p>	<p>Зубодолбежные Мааг (S1, SH2, SH3 и др.) 515 Сондерланд — нарезание шевронных колес; зубошлифовальные 5431, 5П184, Мааг, Найльс и др.</p>

Пара, положенная в основу работы станка	Режущий инструмент	Наименование и характеристика станков	Расчетные перемещения формообразующих цепей	Примеры станков, работающих по данному принципу
 <p>Пара цилиндрических колес</p>	 <p>Прямозубый долбяк Косозубый долбяк</p>	<p>Зубодолбежные станки, обрабатывающие цилиндрические зубчатые колеса с прямым, винтовым и шевронным зубом. На станках производится обработка зубчатых реек и колес с внутренним венцом</p>	<p>Обкатка $\frac{1}{z_d}$ долбяка . . . $\frac{1}{z}$ заготовки</p>	<p>Для обработки колес с прямым и винтовым зубом 512, 5A12, 514, 516; Феллоу (6, 6A, 30); Лоренц (S³⁰, S³⁰, S³ и др.); Рейлекер (SSMO, 1, 2, 3.); для обработки колес с шевронным зубом Фаррел-Сайкс (1A, 2C, 5A, 10B и др.); Лоренц-Сайкс (SHN6/6C0, SHN12/1650)</p>
 <p>Пара конических колес</p>	 <p>а) Два резца — впадина производящего колеса б) Резец — зуб производящего колеса</p>	<p>Зубострогальные станки для обработки конических зубчатых колес с прямым зубом. Строятся по принципу обкатки заготовки по плоскому либо коническому производящим колесам</p>	<p>Обкатка $\frac{1}{z_0}$ производящего колеса . . . $\frac{1}{z}$ заготовки</p>	<p>(523, 526) Гейденрейх и Гарбек (Ралин) (12KH, 15KH, 25KH, 50KH, 75KH); Глисон (3", № 6, № 7, 8", 12", 25" и др.); Бильграм (AKH0, AKH1, 2, 3, 4)</p>

Продолжение табл. 241

Пара, положенная в основу работы станка	Режущий инструмент	Наименование и характеристика станков	Расчетные перемещения формообразующих цепей	Примеры станков, работающих по данному принципу
 <p>Пара конических колес с дуговым зубом</p>		Станки для нарезания конических колес с дуговыми зубьями. При обработке воспроизводят движение обкатки заготовки по коническому производящему колесу	Обкатка $\frac{1}{z_0}$ производящего колеса . . . $\frac{1}{z}$ заготовки	527, 528, 523-А и др.; Глисон (3", 4", 15", № 16, 25" и др.)
 <p>Пара конических колес с винтовым зубом</p>	 <p>Коническая червячная фреза</p>	Зубофрезерные станки для нарезания конических колес с эвольвентным в продольном направлении зубом. При обработке воспроизводят движение обкатки заготовки по плоскому производящему колесу	Обкатка 1 оборот фрезы . . . $\frac{K}{z}$ оборота заготовки Протягивание (по дуге) $\frac{T}{2\pi m}$ мм $\frac{l}{2\pi m}$ оборота заготовки	Клингельберг (FK75A; FK-100, AFK101, AFK201)

Обозначения: K — заходность фрезы; z и m — число зубьев и модуль заготовки; T — шаг винтовой линии заготовки; l — длина протягивания; z_0 — число зубьев производящего колеса; $z_{заг}$ — число зубьев дольки.

зуб с углом наклона β , то $\delta = \beta \pm \lambda$. Знак плюс берется здесь при разноименных направлениях винтовых линий червяка и колеса, а знак минус — при одноименных направлениях винтовых линий червяка и колеса.

При сообщении червяку некоторого числа оборотов m , сцепленное с ним пря-

мозубое колесо сделает $m \frac{K}{z}$ оборотов, где K — заходность червяка, z — число зубьев колеса. Если затем невращающийся червяк протянуть вдоль оси колеса на длину l , то колесо останется неподвижным. Червяк в этом случае будет перемещаться как рейка вдоль зубьев сцепленного с ним колеса.

При одновременном вращении и протягивании червяка зубчатое колесо сделает $m \frac{K}{z}$ оборотов.

При аналогичном протягивании вращающегося червяка относительно колеса со спиральными зубьями колесо получит дополнительное вращение в ту или другую сторону в зависимости от направления винтовой линии зуба.

В этом случае (фиг. 161, б) зубчатое колесо сделает $m \frac{K}{z} \pm \frac{e}{T}$ оборотов.

Здесь величина $\frac{l}{T}$ определяет дополнительное вращение колеса при протягивании червяка вдоль оси колеса (если протянуть червяк на шаг спирали колеса T , оно получит дополнительно один оборот). Для этого же случая протягивание червяка вдоль зуба (фиг. 161, в), как и в первом случае, не даст зубчатому колесу никаких дополнительных перемещений.

Если заменить червяк червячной фрезой, а зубчатое колесо — заготовкой, то приведенные здесь расчетные перемещения могут быть положены в основу кинематической настройки формообразующих цепей зубофрезерных станков.

Для обработки зубчатого колеса должны быть настроены следующие кинематические цепи станка:

1. Скоростная цепь, определяющая требуемое число оборотов фрезы ($n_{эл} \rightarrow n_{ф}$). Настройка производится подбором сменных зубчатых колес гитары скоростей или соответствующими переключениями в коробке скоростей.

2. Цепь подач, определяющая относительное перемещение фрезы вдоль оси заготовки за время одного оборота заго-

товки (1 оборот заготовки $\rightarrow s_{\delta}$ мм/об). Настройка производится подбором сменных зубчатых колес гитары подач или соответствующими переключениями в коробке подач.

3. Цепь обкатки (делительная), устанавливающая определенную зависимость между угловыми скоростями фрезы и заготовки в зависимости от числа зубьев нарезаемого колеса z и числа заходов червячной фрезы K (1 оборот фрезы $\rightarrow \frac{K}{z}$ оборота заготовки). Настройка производится подбором сменных зубчатых колес делительной гитары.

4. Цепь дифференциала, обеспечивающая сообщение заготовке дополнительного вращения для получения спирального зуба (l мм опускания фрезы $\rightarrow \frac{l}{T}$ оборота заготовки). Настройка производится подбором сменных зубчатых колес гитары дифференциала.

Ниже приводятся уравнения баланса указанных кинематических цепей зубофрезерного станка модели 5Б32 (фиг. 162) и расчетные формулы для их настройки. Настройка зубофрезерных станков других моделей производится на основе тех же расчетных перемещений.

Скоростная цепь связывает число оборотов электродвигателя и фрезы $n_{эл} \rightarrow n_{фр}$. Уравнение баланса:

$$1440 \frac{30}{82} \cdot \frac{23}{37} i_v \frac{26}{30} \cdot \frac{24}{28} \cdot \frac{23}{23} \cdot \frac{25}{65} = \\ = n_{фр} = \frac{1000v}{\pi D_{фр}},$$

откуда формула настройки однопарной гитары скоростей

$$i_v = \frac{n_{фр}}{93,5}$$

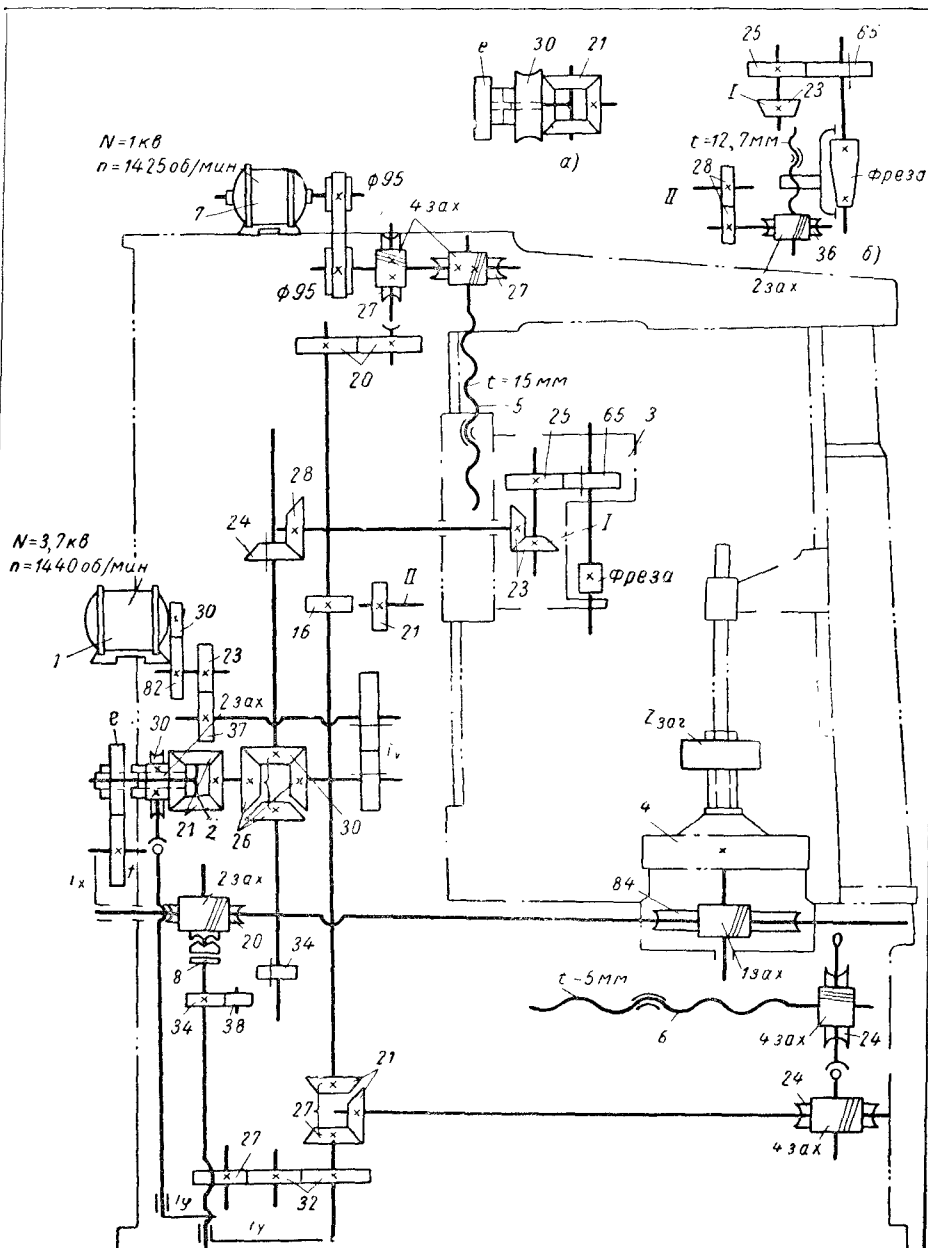
Цепь подачи связывает 1 оборот заготовки $\rightarrow s_{\delta}$.

Уравнение баланса:

$$1 \frac{84}{1} \cdot \frac{2}{20} i_y \frac{27}{21} \cdot \frac{20}{20} \cdot \frac{4}{27} \cdot \frac{4}{27} \cdot 15 = \\ = s_{\delta} \text{ мм/об},$$

откуда формула настройки гитары подач

$$i_y = \frac{9}{32} s_{\delta}.$$



Фиг. 162. Кинематическая схема зубофрезерного станка 5Б32: 1 — главный электродвигатель; 2 — дифференциал; 3 — суппорт; 4 — стол; 5 — вертикальный и 6 — горизонтальный винты; 7 — электродвигатель быстрого отвода суппорта; 8 — муфта выключения подачи.

Цепь обкатки связывает 1 оборот фрезы $\rightarrow \frac{K}{z}$ оборота заготовки.

Уравнение баланса:

$$1 \frac{65}{25} \cdot \frac{23}{23} \cdot \frac{28}{24} \cdot \frac{30}{26} i_d \frac{e}{f} i_x \frac{1}{84} = \frac{K}{z},$$

отсюда формула настройки гитары обкатки

$$i_x = \frac{24K}{i_{dz}} \cdot \frac{f}{e},$$

где i_d — передаточное отношение конического дифференциала, служащего для сообщения заготовке дополнительного вращения при нарезании спиральных зубьев.

Если червяк и червячное колесо дифференциала расцеплены, а торцовая шпонка колеса e введена в прорезь ступицы червячного колеса (фиг. 162, а), то дифференциал будет жестко связан с осью колеса e , тогда $i_d = 1$ (работает как сплошной вал). Если же червячная пара сцеплена и торцовая шпонка не введена в прорезь ступицы червячного колеса, как показано на основной схеме (фиг. 162), то $i_d = \frac{1}{2}$.

Передача $\frac{e}{f} = 36/36$ либо $24/48$ служит для облегчения подбора гитары деления в зависимости от числа зубьев нарезаемого колеса.

Цепь дифференциала связывает l мм опускания фрезы $\rightarrow \frac{l}{T}$ оборота заготовки.

Уравнение баланса цепи дифференциала выводится исходя из следующего. Перемещение фрезы вдоль оси заготовки осуществляется винтом вертикальной подачи $t_s = 15$ мм. Таким образом, при опускании фрезы на l мм винт сделает $\frac{l}{15}$ оборотов. Поэтому уравнение баланса цепи дифференциала, связывающее это перемещение $\left(\frac{l}{15}\right)$ с соответствующим ему дополнительным поворотом заготовки, выглядит следующим образом:

$$1 \frac{27 \cdot 27 \cdot 20 \cdot 21 \cdot 32}{15 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 20 \cdot 27 \cdot 27} i_\varphi \frac{2}{30} i_d \frac{e}{f} i_x \frac{1}{84} = \frac{l}{T}.$$

Подставляя сюда

$$\frac{e}{f} i_x = \frac{24K}{i_{dz}},$$

получаем следующую формулу настройки гитары дифференциала:

$$i_\varphi = \frac{75z}{4TK}.$$

Поскольку шаг винтовой линии нарезаемых зубьев равняется

$$T = \frac{\pi D}{\operatorname{tg} \beta} = \frac{\pi m_n z}{\cos \beta \operatorname{tg} \beta} = \frac{\pi m_n z}{\sin \beta},$$

формула настройки гитары дифференциала может быть написана в следующем виде:

$$i_\varphi = \pm \frac{5,968286 \sin \beta}{m_n K},$$

где m_n — нормальный модуль нарезаемой шестерни; β — угол наклона винтового зуба; знак плюс или минус указывает здесь только на направление дополнительного вращения заготовки с помощью дифференциала.

Уравнение баланса можно вывести так же, рассматривая цепь дифференциала как винторезную цепь, обеспечивающую образование формы зуба по его длине (1 оборот заготовки $\rightarrow T$ мм). Тогда

$$1 \frac{84 \cdot 1 \cdot f}{1 \cdot i_x e} i_d \frac{30}{2} \frac{1 \cdot 27 \cdot 27 \cdot 20 \cdot 4 \cdot 4}{i_\varphi 32 \cdot 21 \cdot 20 \cdot 27 \cdot 27} 15 = T$$

откуда после подстановок и преобразований можно получить ту же формулу настройки.

Из формулы настройки цепи дифференциала видно, что i_φ не зависит от числа зубьев, т. е. нарезание пары сопряженных колес с винтовыми зубьями можно производить без переналадки гитары дифференциала. Точный подбор i_φ невозможен, так как в формулу входят иррациональные величины; при настройке это приводит к некоторому изменению угла β .

Для обработки прямозубых колес угол $\beta = 0$ и $i_\varphi = 0$, т. е. дифференциал не требуется ($i_d = 1$) и гитара дифференциала должна быть отключена. Нарезание в этом случае обеспечивается настройкой трех первых цепей.

Пример. Нарезать зубчатое колесо с винтовыми зубьями $m = 5$; $z = 62$; $\beta = 23^\circ$. Червячная фреза $K = 1$; $D_{фр} = 90$; $\lambda = 3^\circ 46'$; режимы резания: $v = 20$ м/мин; $s_g = 1,3$ мм/об

Направления винтовых линий изделия и фрезы одноименны.

Угол установки оси фрезы

$$\delta = \beta - \lambda = 23^\circ - 3^\circ 46' = 19^\circ 14'.$$

Число оборотов фрезы и гитара скоростей

$$n_{фр} = \frac{1000v}{\pi D_{фр}} = \frac{1000 \cdot 20}{\pi 90} = 71 \text{ об/мин};$$

$$i_v = \frac{n_{фр}}{93,5} = \frac{71}{93,5} = \frac{26}{34}; (\Sigma z = 60).$$

Гитара обкатки:

$$i_x = \frac{48K}{z} = \frac{48}{62} = \frac{40 \cdot 60}{62 \cdot 50}.$$

Гитара подачи:

$$i_y = \frac{9s_d}{32} = \frac{9 \cdot 1,3}{32} = \frac{65 \cdot 45}{100 \cdot 80}.$$

Гитара дифференциала:

$$i_\varphi = \frac{5,9683 \sin \beta}{Km} = \frac{5,9683 \sin 23^\circ}{1 \cdot 5}.$$

Для подбора чисел зубьев сменных шестерен целесообразно применить логарифмический метод:

$$\lg \frac{5,9683 \sin 23^\circ}{5} = -0,33124.$$

Ближайшее подходящее число, найденное по таблице [10], — 0,33125, откуда $i_\varphi = \frac{40 \cdot 55}{53 \cdot 89}.$

Нарезание червячных зубчатых колес производится методом радиальной подачи или методом осевой (тангенциальной) подачи.

При нарезании червячного колеса методом радиальной подачи используется червячная фреза, по своим размерам и профилю соответствующая червяку, в зацеплении с которым будет работать нарезаемое колесо. В процессе обработки расстояние между центрами фрезы и заготовки медленно изменяется вследствие радиальной подачи. После врезания на определенную глубину радиальная подача выключается, и этим заканчивается нарезание червячного колеса.

При сообщении червячной фрезе m оборотов заготовка получит $m \frac{K}{z}$ оборотов, что обеспечивается цепью обкатки. Кроме того, следует обеспечить необходимую скорость вращения фрезы и радиальную подачу (1 оборот заготовка $\rightarrow s_p$). Отсюда видно, что и расчетные перемещения фрезы и заготовки, а следовательно и настройка гитар станка, будут те же, что и при нарезании прямозубых колес. Цепь дифференциала должна быть выключена ($i_d = 1$).

Однако при нарезании червячных колес включается радиальная подача фрезы вместо вертикальной. В зависимости от конструкции станка может осуществляться подача фрезы на заготовку или заготовки на фрезу.

Уравнение баланса для станка 5Б32

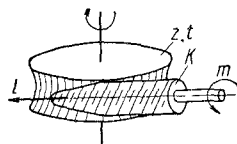
$$1 \cdot \frac{84}{1} \cdot \frac{2}{20} i_y \frac{27}{21} \cdot \frac{4}{24} \cdot \frac{4}{24} 5 = s_p,$$

откуда формула настройки гитары подачи

$$i_y = \frac{s_p}{1,5}.$$

Цепь вертикальной подачи фрезы при этом отключается.

При нарезании червячных колес методом осевой подачи используется червячная фреза, имеющая заборный конус. Цилиндрическая часть этой фрезы также



Фиг. 163. Схема нарезания червячного колеса методом протягивания.

соответствует размерам и профилю червяка, в зацеплении с которым предстоит работать нарезаемому колесу. Для сообщения фрезе осевой подачи взамен обычного фрезерного суппорта устанавливается специальный протяжной суппорт (фиг. 162, б). При сообщении червячной фрезе m оборотов и протягивании ее на длину l мм (фиг. 163) червячное колесо получит суммарное движение, равное $m \frac{K}{z} + \frac{l}{zt}$ оборотов, где t — осевой шаг червяка, равный πm .

Таким образом заготовка должна получить дополнительное вращение, которое может быть обеспечено в станке цепью

дифференциала (l мм фрезы $\rightarrow \frac{l}{zt}$ оборота заготовки). Цепь обкатки, как и ранее, связывает вращение фрезы с вращением заготовки (1 оборот фрезы $\rightarrow \frac{K}{z}$ оборотов заготовки).

Кроме того, должна быть обеспечена необходимая скорость резания и осевая

подача фрезы при помощи протяжного суппорта (1 оборот заготовки $\rightarrow s_{oc}$).

Ниже приводятся расчеты, связанные с настройкой станка 5Б32 на нарезание червячного колеса методом осевой подачи.

Настройка скоростной цепи и цепи обкатки аналогична случаю нарезания цилиндрических колес с винтовым зубом.

Цепь дифференциала должна обеспечивать при перемещении фрезы в осевом направлении на l мм дополнительный по-

ворот заготовки на $\frac{l}{zT}$ оборотов. Пере-

мещение фрезы в осевом направлении осуществляется винтом протяжного суппорта, имеющим у данного станка шаг $t_{прот} = 12,7$ мм. Поэтому при перемеще-

нии фрезы на l мм винт сделает $\frac{l}{12,7}$

оборота, что учитывается при составлении уравнения баланса цепи дифференциала, тогда

$$\frac{l}{12,7} \cdot \frac{36}{2} \cdot \frac{28}{28} \cdot \frac{21}{16} \cdot \frac{21}{27} \cdot \frac{32}{27} i_{\varphi} \frac{2}{30} i_d \frac{e}{f} \times \\ \times i_x \frac{1}{84} = \frac{l}{zT},$$

$$\text{откуда} \quad i_{\varphi} = \frac{9,7454}{mK}.$$

Уравнение баланса цепи подачи выводится из условия один оборот заготовки $\rightarrow s_{oc}$:

$$1 \cdot \frac{84 \cdot 2}{1 \cdot 20} i_y \frac{27}{21} \cdot \frac{16}{21} \cdot \frac{28}{28} \cdot \frac{2}{36} 12,7 = \\ = s_{oc} \text{ мм/об,}$$

$$\text{откуда} \quad i_y = \frac{s_{oc}}{5,8}.$$

Бездифференциальная настройка зуборезных станков. На практике находят применение простые зубофрезерные станки, у которых отсутствует гитара дифференциала. В этом случае обработку колес с винтовым зубом можно производить за счет настройки цепи деления. При нарезании прямозубых колес за $\frac{z}{K}$ оборотов фрезы заготовка делала 1 оборот.

При нарезании колес с винтовыми зубьями за те же $\frac{z}{K}$ оборотов фрезы заготовка должна сделать $\left(1 \pm \frac{s}{T}\right)$ оборотов.

Здесь s — вертикальная подача фрезы за цикл, т. е. за $\frac{z}{K}$ оборотов фрезы или

за $\left(1 \pm \frac{s}{T}\right)$ оборотов заготовки. С достаточной точностью $s = s_{\theta} \left(1 \pm \frac{s_{\theta}}{T}\right)$.

Отношение $\frac{s}{T}$ — дополнительный поворот заготовки при протягивании фрезы на длину $l = s$ (фиг. 161, б).

Таким образом, для настройки станка на нарезание колес с винтовым зубом цепь деления бездифференциального станка должна исходить из следующих расчетных перемещений: 1 оборот фрезы $\rightarrow \frac{K}{z} \left(1 \pm \frac{s}{T}\right)$ оборота заготовки.

Знак минус берется при разноименных винтовых линиях заготовки и фрезы.

Рассмотренный в качестве примера станок 5Б32 относится к разряду универсальных. При выключении дифференциала он может быть обращен в простой зубофрезерный станок. Тогда уравнение баланса бездифференциальной настройки для нарезания колеса с винтовым зубом будет

$$1 \cdot \frac{65}{25} \cdot \frac{23}{23} \cdot \frac{28}{24} \cdot \frac{30}{26} i_d \frac{e}{f} i_x \frac{1}{84} = \\ = \left(1 \pm \frac{s}{T}\right) \frac{K}{z},$$

откуда

$$\frac{e}{f} i_x = \frac{24K(T \pm s)}{zT}.$$

Пример. Произвести бездифференциальную настройку станка 5Б32 для нарезания зубчатого колеса с винтовым зубом $z = 62$; $m = 5$; $\beta = 23^\circ$.

Настройка гитары скоростей и гитары подач производится в соответствии с приведенным выше на стр. 277.

Настройка гитары обкатки рассчитывается следующим образом:

$$i_x = \frac{24K(T + s)}{zT};$$

$$T = \frac{\pi m z}{\sin \beta} = \frac{\pi \cdot 5 \cdot 62}{\sin 23^\circ} = 2492,5;$$

$$s = s_{\theta} \left(1 \pm \frac{s_{\theta}}{T}\right) = 1,3 \left(1 + \frac{1,3}{2492,5}\right) = \\ = 1,30044;$$

$$i_x = \frac{24 \cdot 1 (2492,5 + 1,3)}{62 \cdot 2492,5}$$

Для подбора чисел зубьев сменных шестерен целесообразно применить логарифмический метод

$$\lg \frac{24 \cdot 24 \cdot 3,8}{62 \cdot 2492,5} = -0,41195.$$

По таблице [10] находим $\lg i_1 = -0,41195$.

Набор колес на гитаре $i_x = \frac{41 \cdot 50}{67 \cdot 79}$.

Бездифференциальная настройка может быть применена и при обработке червячных колес методом протягивания [1 обо-

рот фрезы $\rightarrow \frac{K}{z} \left(1 \pm \frac{s}{zt} \right)$ оборота за-

готовки]. Практически такой случай настройки может встретиться очень редко, тогда как бездифференциальная настройка станка для нарезания колес с винтовым зубом — обычное явление. При этом методе трудно осуществить точный подбор сменных колес гитары обкатки (T — дробное число). Кроме того, при изменении подачи требуется перестраивать и делительную цепь.

Такой метод настройки при нарезании червячных колес, как правило, применяется лишь в крупносерийном и массовом производстве, где оправдано применение специальных зубчатых колес для гитары обкатки.

Нарезание колес с числом зубьев, выраженным простыми числами. Если требуется нарезать зубчатое колесо, число зубьев которого представляет простое не разлагаемое на множители число, большее 100, то точная настройка делительной гитары невозможна вследствие отсутствия в зуборезном наборе соответствующих шестерен. Тогда настройку можно осуществить, используя дополнительно гитару дифференциала. Гитару деления настраивают на $z_1 = z \pm \alpha$ (α рекомендуется брать в виде простой дроби и не более 1). Неточность этой настройки компенсируется настройкой гитары дифференциала, причем если берем $+$ α , то дифференциальная цепь должна сообщить заготовке вращение, обратное основному, и наоборот.

Уравнение баланса в этом случае должно исходить из соотношения 1 оборот фрезы $\rightarrow \frac{K}{z}$ оборота заготовки по делительной и дифференциальной цепям. Его можно составлять так же, как при

дифференциальной настройке делительных голозкок:

$$1 \frac{65}{25} \cdot \frac{23}{23} \cdot \frac{28}{24} \cdot \frac{30}{26} i_d \frac{e}{f} i_x \frac{1}{84} + \\ + \frac{K}{z} \cdot \frac{84}{1} \cdot \frac{2}{20} i_y \frac{32}{27} i_\varphi \frac{2}{30} i_d \frac{e}{f} i_x \frac{1}{84} = \\ = \frac{K}{z} + \left(\frac{K}{z_1} - \frac{K}{z_1} \right).$$

Подставив сюда $z_1 = z \pm \alpha$; $i_y = \frac{9}{32} s_\theta$

и $i_d = \frac{1}{2}$ и расчленив на два уравнения, имеем

$$\frac{e}{f} i_x = \frac{48K}{z \pm \alpha} \text{ и } i_\varphi = \pm \frac{75\alpha}{4s_\theta K}.$$

Пример. Нарезать прямозубое колесо с $z = 139$; заходность фрезы $K = 1$; подача $s_\theta = 1$ мм/об; $\frac{e}{f} = 1$.

Настройка гитары обкатки:

$$i_x = \frac{48K}{z \pm \alpha} = \frac{48}{139 \pm \frac{1}{24}} = \frac{48 \cdot 24}{3337} = \frac{48}{47} \cdot \frac{24}{71}.$$

Настройка гитары дифференциала:

$$i_\varphi = \frac{75\alpha}{4s_\theta K} = \frac{75}{4 \cdot 24} = \frac{50}{20} \cdot \frac{25}{80}.$$

Проверка настройки:

$$z = z_1 - \alpha = \frac{48K}{i_x} - \frac{4s_\theta K i_\varphi}{75} = \frac{48 \cdot 47 \cdot 71}{48 \cdot 24} - \\ - \frac{4 \cdot 50 \cdot 25}{75 \cdot 20 \cdot 80} = \frac{47 \cdot 71}{24} - \frac{1}{24} \frac{3337-1}{24} = 139.$$

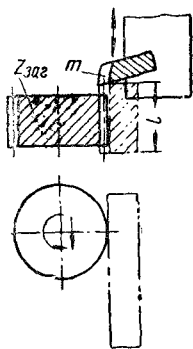
Зубодолбежные станки

Обработка зубчатых колес на зубодолбежных станках производится по принципу воспроизведения зацепления двух зубчатых колес или зубчатого колеса с рейкой. Зубодолбежные станки предназначены для обработки цилиндрических зубчатых колес с прямым и винтовым зубом. По этому же принципу строятся станки для обработки колес с шевронным зубом. Особенно широко зубодолбежные станки используются для обработки блоков шестерен, зубчатых секторов и зубчатых колес малой ширины. Станки, работающие зуборезными долбяками, позволяют обрабатывать зубчатые колеса с внутренними зубьями и зубчатые рейки.

Станки, работающие зуборезной гребенкой. На этих станках воспроизводится зацепление нарезаемого колеса с произ-

водящей рейкой (фиг. 164), которая обрабатывается режущими кромками зуборезной гребенки, совершающей возвратно-поступательное движение. Движение обкатки в этих станках сообщается нарезаемой заготовке. С этой целью стол с закрепленной на нем заготовкой имеет два взаимно согласованных движения — вращательное и поступательное ($l \text{ мм} \rightarrow \frac{l}{\pi D_{\text{заг}}}$). Таким образом, за время поворота заготовки на один зуб ($\frac{1}{z}$) он перемещается поступательно на один шаг (πm) (табл. 241).

После обработки одного или нескольких зубьев цепь обкатки размыкается, и стол с заготовкой, не вращаясь при отведенном инструменте, возвращается в первоначальное положение. Затем включается цепь обкатки, и начинается обработка следующих зубьев. Для обработки винтовых зубьев направляющие ползуны, в которых закреплена гребенка, устанавливаются под углом, при этом гребенка своими режущими лезвиями уже будет воспроиз-



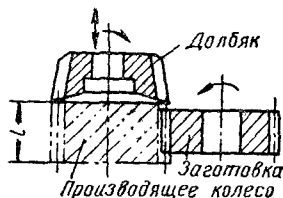
Фиг. 164. Принцип работы зубодолбежных станков, работающих зуборезной гребенкой.

водить косоугольную производящую рейку, по которой и будет обкатываться нарезаемое колесо. Станки этого типа (например, фирмы Магг) имеют большие холостые ходы и сложную конструкцию, вследствие чего большого распространения не получили.

Станки, работающие зуборезным долбяком. На этих станках воспроизводится зацепление нарезаемого зубчатого колеса с производящим колесом, которое образуется режущими кромками долбяка, совершающего возвратно-поступательное движение (фиг. 165). Долбяк изготавливается в форме зубчатого колеса, режущие зубья которого имеют передние и задние углы заточки. Вращение изделия строго согласовано с вращением долбяка так, что за период поворота долбяка на один зуб ($\frac{1}{z_d}$) заготовка также поворачивается на один зуб ($\frac{1}{z}$). Вследствие непрерыв-

ности процесса в этом случае не требуется отдельного делительного движения.

Сначала долбяк одновременно с вращением автоматически врезается в заготовку в радиальном направлении, а затем происходит лишь обкатка до полного нарезания зубчатого колеса. Чтобы предотвратить трение на задних поверхностях



Фиг. 165. Принцип работы зубодолбежных станков, работающих долбяком.

зубьев, при обратном ходе осуществляется отвод изделия от долбяка.

Для осуществления процесса нарезания зубчатого колеса на зубодолбежном станке должны быть настроены следующие кинематические цепи:

1. Скоростная цепь, определяющая требуемое число двойных ходов инструмента. Настройка производится исходя из соотношения $n_{эл} \rightarrow n_{дв.ход}$ и осуществляется либо подбором сменных зубчатых колес, либо ступенчатыми шкивами.

2. Цепь обкатки (делительная цепь), определяющая согласованное вращение долбяка и заготовки. Настройка производится исходя из условия $\frac{1}{z_d}$ оборота долбяка

$\rightarrow \frac{1}{z}$ оборота заготовки, подбором сменных зубчатых колес (z_d — число зубьев долбяка и z — число нарезаемых зубьев шестерни).

3. Цепь круговой подачи, определяющая длину дуги делительной окружности долбяка, на которую он повернется за один двойной ход. Настройка также осуществляется подбором сменных зубчатых колес, расчет которых производится исходя из условия 1 двойной ход долбяка $\rightarrow s_{кр}$, где $s_{кр}$ — круговая подача долбяка в мм/дв. ход.

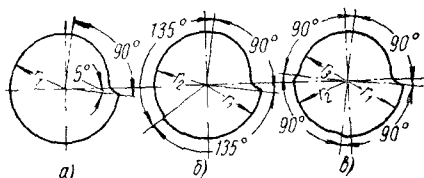
Ниже приводится расчет настройки зубодолбежных станков на примере наиболее распространенного зубодолбежного станка типа 5А12 (фиг. 166).

Главное движение — возвратно-поступательное движение — долбяка осуществляется при помощи кривошипного механизма.

ной подачи i_k . Вращение кулачка связано с вращением заготовки кинематической цепью, уравнение баланса которой составляется исходя из условия: 1 оборот кулачка $\rightarrow n$ оборотов заготовки,

$$1 \frac{90}{1} i_k \frac{25}{25} \frac{25}{25} \cdot \frac{1}{90} = n_{\text{заг.}}$$

Если ставят однопроходный кулачок a , включают передачу $i_k = \frac{28}{38}$, и за один оборот кулачка заготовка делает $1\frac{5}{14}$ оборота. Врезание производится на полную глубину, и после этого за период



Фиг. 167. Кулачки станка 5А12: $a - r_1 = 63,65$ мм; $б - r_2 = 63,25$ мм; $в - r_3 = 60,65$ мм.

поворота кулачка на $265,4^\circ$ происходит нарезание зубчатого колеса.

Если ставят двухпроходный кулачок $б$, включают передачу $i_k = \frac{18}{48}$, и за один оборот кулачка заготовка делает $2\frac{2}{3}$ оборота. После первого врезания обработка зубчатого колеса ведется с некоторым припуском, который снимается при втором чистовом проходе. Каждый рабочий проход выполняется за период поворота кулачка на 135° .

Если ставят трехпроходный кулачок $в$, включают передачу $i_k = \frac{13}{52}$, и за один оборот кулачка заготовка делает четыре оборота. После первого врезания происходит обдирка, затем второе врезание и получистовая обработка и, наконец, после третьего врезания — окончательная обработка. Каждый проход осуществляется за период поворота кулачка на 90° .

Во всех трех случаях одному рабочему проходу соответствует один оборот заготовки.

Предварительная установка каретки с долбяком производится через червячную передачу $1/113$ и реечную шестерню $z_p = 12$, которая при вращении рукоятки p_1 катится по рейке, перемещая каретку.

Нарезание долбяком косозубых колес менее удобно, чем на станках, работающих червячной фрезой или зуборезной гребенкой. Для выполнения этой работы в червячном колесе и на шпинделе долбяка устанавливают винтовые направляющие, при помощи которых косозубый долбяк получает при поступательном движении дополнительное вращение в соответствии с требуемым направлением зубьев нарезаемого колеса.

Угол подъема винтовой линии зуба β определяется углом подъема винтовых направляющих. Шаг винтовых направляющих

$$T = \frac{\pi \cdot m n z_d}{\sin \beta}.$$

Настройка других кинематических цепей станка при нарезке косозубых колес не меняется.

При нарезании зубчатого колеса с внутренним венцом настройка станка проводится таким же образом, как и при нарезании колес с наружными зубьями. Необходимо лишь обеспечить вращение долбяка и заготовки в одну сторону, для чего служат тrenzели, имеющие в цепях привода к долбяку и заготовке.

Примеч. Нарезать зубчатое колесо с $z = 34$; $m = 4$; $b = 20$; материал — сталь 45; $v = 24$ м/мин; $s_{кр} = 0,2$ мм/дв. ход; $z_d = 25$; $t = 4$ (по ГОСТ 322-41).

Настройка скоростной цепи:

$$n = \frac{1000v}{2l} = \frac{1000 \cdot 24}{2 \cdot 24} = 500 \text{ дв. ход/мин};$$

$$l = b + 4 = 24 \text{ мм};$$

$$i_v = \frac{n}{418} = \frac{500}{418} = \frac{53}{47}.$$

Настройка гитары обкатки:

$$i_x = \frac{z_d}{z} = \frac{25}{34} = \frac{50}{34} \cdot \frac{40}{80}.$$

Настройка гитары подачи:

$$i_y = \frac{1125 s_{кр}}{\pi D_d} = \frac{1125 \cdot 0,2}{\pi \cdot 100} \approx \frac{50}{72}.$$

Настройка коробки радиальной подачи при обработке с двухпроходным кулачком: $i_k = \frac{18}{48}$.

Зубострогальные станки для нарезания конических прямозубых колес

Зубострогальные станки для нарезания конических колес работают по принципу воспроизведения обкатки двух сопряженных конических колес. В качестве инструмента здесь применяют один или два реза

с прямолинейными режущими кромками. Инструмент при возвратно-поступательном движении своими режущими кромками воспроизводит впадину или зуб воображаемого производящего колеса, в зацеплении с которым находится заготовка.

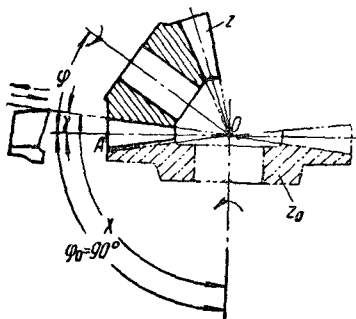
По форме производящего колеса зубо-строгальные станки можно разделить на две основные группы:

1. Станки с плоским производящим колесом и с углом начального конуса $\varphi_0 = 90^\circ$ (фиг. 168). Угол X между осью производящего колеса и направлением резания является величиной переменной и определяется из соотношения

$$X = 90^\circ + \gamma^\circ,$$

где γ° — угол ножки зуба нарезаемого колеса.

Переменность направления движения резца у этих станков значительно усложняет их конструкцию, так как угол ножки зуба определяется размерами нарезаемого



Фиг. 168. Плоское производящее колесо

зубчатого колеса. Угол между осями производящего и нарезаемого колес σ равняется сумме углов их начальных конусов:

$$\sigma = \varphi_0 + \varphi = 90^\circ + \varphi.$$

Число зубьев двух сопряженных конических колес прямо пропорционально синусам углов начальных конусов, т. е.

$$\frac{z_0}{z} = \frac{\sin 90^\circ}{\sin \varphi},$$

откуда число зубьев плоского производящего колеса

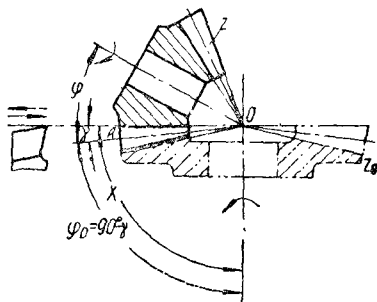
$$z_0 = \frac{z}{\sin \varphi},$$

где z — число зубьев нарезаемой шестерни.

В станках, построенных по этому принципу (например, типа Бильграм), в про-

цессе нарезания производящее колесо остается неподвижным, а заготовка перекатывается по нему, вращаясь вокруг своей оси и оси производящего колеса.

2. Станки с коническим производящим колесом и с углом начального конуса $\varphi_0 = 90^\circ - \gamma$ (фиг. 169) получили наибольшее распространение. Угол X между



Фиг. 169. Коническое производящее колесо.

осью производящего колеса и направлением резания является величиной постоянной ($X = 90^\circ = \text{const}$).

Угол между осью производящего и осью нарезаемого зубчатого колеса σ равен сумме углов начальных конусов минус угол ножки зуба нарезаемого колеса:

$$\sigma = \varphi_0 + \varphi = 90^\circ + \varphi - \gamma.$$

Число зубьев конического производящего колеса может быть определено из соотношения радиусов производящего R_0 и нарезаемого R зубчатых колес:

$$R_0 = AO \sin (90^\circ - \gamma);$$

$$R = AO \sin \varphi,$$

откуда

$$\frac{z_0}{z} = \frac{R_0}{R} = \frac{\sin (90^\circ - \gamma)}{\sin \varphi} = \frac{\cos \gamma}{\sin \varphi},$$

и

$$z_0 = \frac{z \cos \gamma}{\sin \varphi}.$$

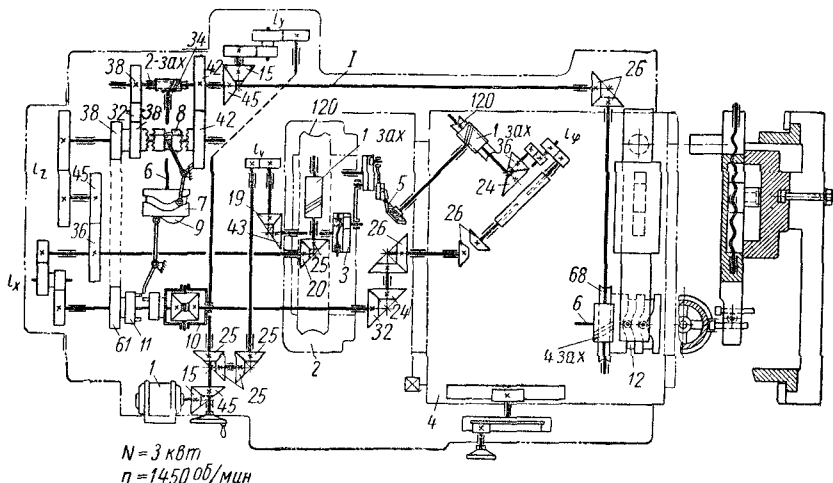
В станках, работающих по этому принципу, в процессе нарезания производящее колесо (резцовая головка) и заготовка вращаются каждая вокруг своих осей, воспроизводя зацепление двух конических зубчатых колес.

При подсчете числа зубьев производящего колеса оно, как правило, получается дробным. Полученное дробное значение подставляется в уравнение баланса.

Развертка теоретического профиля зуба плоского производящего колеса имеет

меньшие отступления от прямолинейного очертания профиля рейки по сравнению с разверткой профиля зуба конического производящего колеса. Поэтому зубчатые колеса, нарезанные на станках с плоским производящим колесом, являются более точными по профилю и не могут сцепляться с зубчатыми колесами, нарезан-

3) цепь деления, которая при помощи механизма дифференциала обеспечивает поворот заготовки на $\frac{1}{z}$ после нарезания очередного зуба, исходя из условия n оборотов корпуса дифференциала $\rightarrow \frac{1}{z}$ оборота заготовки;



Фиг. 170. Кинематическая схема зубострогального полуавтомата 526 для конических колес: 1 — электродвигатель; 2 — резцовая головка; 3 — эксцентрик; 4 — каретка изделия; 5 — заготовка; 6 — распределительный вал; 7 — цилиндрический кулачок реверса резцовой головки; 8 — муфта реверса; 9 — торцовый кулачок включения дифференциала; 10 — дифференциал деления; 11 — муфта включения дифференциала; 12 — цилиндрический кулачок врезания.

ными на станках с коническим производящим колесом.

Изготовить резцовую головку с движением резцов, постоянно перпендикулярным к оси производящего колеса, значительно проще, чем с движением, угол которого по отношению к оси производящего колеса должен изменяться в зависимости от размеров зуба нарезаемого зубчатого колеса. Этим объясняется тот факт, что наибольшее распространение получили станки, работающие по методу, показанному на фиг. 169.

Для осуществления процесса нарезания зубчатого колеса необходимо настроить следующие кинематические цепи станка:

1) скоростную цепь, определяющую требуемое число двойных ходов резцов, исходя из условия $n_{эд} \rightarrow n$ двойных ходов резцов;

2) цепь обкатки, согласующую вращение производящего колеса и заготовки, исходя из условия $\frac{1}{z_0}$ оборота производящего колеса $\rightarrow \frac{1}{z}$ оборота заготовки;

4) цепь круговой подачи, определяющую длину дуги делительной окружности производящего колеса, на которую оно повернется за один двойной ход резцов, исходя из условия 1 двойной ход $\rightarrow s_{кр}$;

5) цепь качания резцовой головки, определяющую такой поворот производящего колеса, при котором будет обеспечена полная обкатка зуба заготовки; цепь должна связать угол поворота резцовой головки с числом оборотов приводного вала, который до момента реверсирования обкатки передает на нее движение, исходя из условия n оборотов приводного вала $\rightarrow \frac{\lambda^\circ}{360^\circ}$.

Настройка всех этих кинематических цепей осуществляется подбором сменных зубчатых колес.

На основе приведенных здесь расчетов перемещений производится кинематическая настройка большинства зубострогальных станков для нарезания конических колес.

Для пояснения, как производится кинематическая настройка зубострогальных станков, ниже приводится пример настройки полуавтомата типа 526 (фиг. 170).

Обычный цикл такого полуавтомата включает следующие движения:

1) черновую обкатку, при которой резцовая головка и заготовка вращаются, копируя зацепление двух конических зубчатых колес;

2) чистовую обкатку при обратном ходе резцовой головки и заготовки;

3) деление, при котором заготовка поворачивается на один зуб.

Полуавтомат имеет кинематическую цепь для перемещения резцов и цепь к распределительному валу, состоящему из двух синхронно вращающихся участков. На первом помещены кулачки для реверса резцовой головки и для включения дифференциала цепи деления, на втором — кулачок для врезания заготовки при чистовом и черновом нарезании зубьев. За время обработки одного зуба (реже двух зубьев) распределительный вал делает один оборот; при этом на протяжении $\frac{23}{51}$ оборота происходит черновое строгание, на таком же участке — чистовое и на остальном — переключение муфт реверсивного механизма. Для процесса деления распределительный вал включает муфту, которая через конический дифференциал сообщает заготовке дополнительное вращение, осуществляя этим процесс деления — поворота заготовки на один зуб. Муфта делает ровно один оборот и самовыключается.

Кулачок для врезания имеет две кривые. Первая кривая употребляется, когда полуавтомат настроен на описанный выше цикл чистовой обработки зубьев и перед началом черновой нарезки стол с заготовкой при помощи кулисного механизма подводится к резцам так, чтобы глубина впадины была на 0,5—0,8 мм меньше требуемой. При обратном ходе заготовка устанавливается на полную глубину, а при делении отводится от резцов. Вторая кривая применяется, когда станок настроен только на черновое нарезание зубьев. В этом случае цепь обкатки отключается и остается лишь цепь деления. Кривая кулачка двигает заготовку на резцы, которые без обкатки прорезают канавку на заготовке. На станке имеется счетчик, который выключает станок после нарезания всех зубьев.

Ниже приводятся уравнения баланса перечисленных выше кинематических

цепей и расчетные формулы для их настройки.

Главное движение — возвратно-поступательное перемещение резцов — осуществляется при помощи кривошипного механизма. Уравнение баланса скоростной цепи:

$$1450 \cdot \frac{15}{45} \cdot \frac{25}{25} \cdot \frac{25}{25} i_v \frac{19}{43} = \\ = n \text{ дв. ход/мин.},$$

откуда передаточное число гитары скоростей

$$i_v = \frac{n}{214}.$$

Для настройки скоростной цепи служит однопарная гитара ($\Sigma z = 72$), которая обеспечивает получение на станке от 85 до 442 дв. ход/мин; число двойных ходов подсчитывается в зависимости от длины хода l и средней скорости резания v :

$$n = \frac{1000v}{2l} \text{ дв. ход/мин.}$$

Длина хода определяется в зависимости от длины зуба b по формуле

$$l = b + (5 \div 7) \text{ мм}$$

и устанавливается на станке путем изменения радиуса кривошипного пальца.

Уравнение баланса цепи обкатки:

$$\frac{1}{z_0} \cdot \frac{120}{1} \cdot \frac{25}{20} i_x i_\phi \cdot \frac{32}{24} \cdot \frac{26}{26} \cdot \frac{26}{26} i_\varphi \times \\ \times \frac{36 \cdot 1}{24 \cdot 120} = \frac{1}{z}.$$

Здесь $i_\phi = 1$, так как корпус дифференциала неподвижен.

$$\text{Подставив выведенное ранее } z_0 = \frac{z \cos \gamma}{\sin \varphi}$$

и $i_\varphi = \frac{30}{z}$ (вывод дается ниже), имеем

$$i_x = \frac{z \cos \gamma}{75 \sin \varphi}.$$

Ввиду того, что угол γ мал ($\cos \gamma \approx 1$), передаточное отношение гитары обкатки принимают равным

$$i_x = \frac{z}{75 \sin \varphi}.$$

Уравнение баланса цепи деления:

$$i_\phi \frac{32}{24} \cdot \frac{26}{26} \cdot \frac{26}{26} i_\varphi \frac{36}{24} \cdot \frac{1}{120} = \frac{1}{z}.$$

Здесь $i_d = 2$ (корпус дифференциала ведущий), откуда передаточное отношение гитары деления $i_\phi = \frac{30}{z}$.

Уравнение баланса цепи круговой подачи:

$$1 \frac{43}{19} \cdot \frac{1}{i_v} \cdot \frac{25}{25} \cdot \frac{25}{25} i_y \frac{15}{45} \times \\ \times \left(\frac{42}{42} \text{ или } \frac{38 \cdot 32}{32 \cdot 38} \right) i_z \frac{45}{36} \cdot \frac{20}{25} \cdot \frac{1}{120} = \\ = \frac{s_{кр}}{\pi m z_0},$$

откуда

$$i_y = 50,6 \frac{i_v}{i_z} \cdot \frac{\sin \varphi}{mz} s_{кр}$$

Настройка гитары подач связана со временем цикла полной обработки зуба, который выполняется за один оборот распределительного вала. Тогда конечными элементами цепи будут электродвигатель и распределительный вал, а за расчетные перемещения можно принять число оборотов электродвигателя за время цикла и один оборот распределительного вала ($t_u \cdot \frac{1450}{60} \rightarrow 1$ оборот распределительного вала).

Уравнение баланса:

$$t_u \cdot \frac{1450}{60} \cdot \frac{15}{45} i_y \cdot \frac{15}{45} \cdot \frac{2}{34} =$$

$= 1$ обороту распределительного вала, откуда передаточное отношение гитары

$$\text{подач } i_y = \frac{6,3}{t_u}.$$

В нормативах режимов резания обычно задается t_u в зависимости от модуля и материала колес в пределах $t_u = 7,6 - 86$ сек. Настройка осуществляется двухпарной гитарой, у которой первая пара имеет $\Sigma z = 100$, а вторая $\Sigma z = 84 \div 109$.

Цепь качания резцовой головки должна обеспечивать за $\frac{23}{3}$ оборота валика I поворот резцовой головки на угол λ° .

Уравнение баланса цепи качания резцовой головки:

$$\frac{23}{3} \cdot \frac{42}{42} i_z \frac{45}{36} \cdot \frac{20}{25} \cdot \frac{1}{120} \cdot 360^\circ = \lambda^\circ,$$

откуда передаточное отношение гитары цепи качания

$$i_z = \frac{\lambda^\circ}{23}.$$

Настройка i_z производится однопарной гитарой $\Sigma z = 68$. Для отсчета угла λ° на резцовой головке нанесена градусная шкала, а на корпусе станка — риска. Когда риска совпадает с нулем, что соответствует началу отсчета, резцы располагаются симметрично относительно горизонтальной плоскости.

Угол качания

$$\lambda^\circ = \lambda_1^\circ + \lambda_2^\circ,$$

где λ_1° — угол поворота резцовой головки вниз от нуля; λ_2° — угол поворота резцовой головки вверх от нуля; $\lambda_2^\circ = 1,85 \lambda_1^\circ$ и, следовательно, $\lambda^\circ = 2,85 \lambda_1^\circ$.

Для зубчатых передач с углом зацепления $\alpha = 20^\circ$ угол λ_1° ориентировочно рассчитывается по формуле

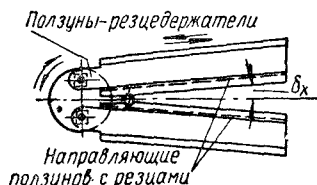
$$\lambda_1^\circ = \left(-\frac{355,3 \frac{h''}{m} + 90}{z} - 0,8 \right) \sin \alpha.$$

При $\alpha = 15^\circ$

$$\lambda_1^\circ = \left(-\frac{458,4 \frac{h''}{m} + 90}{z} - 0,4 \right) \sin \alpha,$$

где h'' — высота ножки зуба в мм; m — модуль в мм; z — число зубьев заготовки; α — угол зацепления.

Необходимый угол установки ползунов с резцами обеспечивается соответствующей установкой направляющих (фиг. 171).



Фиг. 171. Схема установки ползунов с резцами.

Величина угла установки штосселей с резцами определяется по формуле

$$\delta_y = \frac{57,296 \left(\frac{t}{4} + h'' \operatorname{tg} \alpha \right)}{L},$$

где t — шаг зубьев; L — длина образующей делительного конуса нарезаемого зубчатого колеса.

Для черновой обработки

$$\delta'_y = \delta_y + \Delta\delta_y,$$

где $\Delta\delta_y = \frac{57,296 \frac{\Delta S \delta}{2}}{L}$, а $\frac{\Delta S \delta}{2}$ — припуск под чистовое нарезание на каждую сторону зуба.

Пример. Нарезать чугунное коническое зубчатое колесо из пары колес z_1 и z_2 с межосевым углом 90° ; $\alpha = 20^\circ$; $z_1 = 20$; $z_2 = 80$; $m = 4$ мм; длина зуба $b = 28$ мм; коэффициент высоты головки зуба $k' = 1$; коэффициент высоты ножки $k'' = 1,1236$; скорость резания $v = 20$ м/мин; время обработки одного зуба $t_{\text{ц}} = 15$ сек.

Углы начальных конусов

$$\text{tg } \varphi_1 = \frac{z_1}{z_2} = \frac{20}{80} = 0,25; \varphi_1 = 14^\circ 2';$$

$$\varphi_2 = 90^\circ - \varphi_1 = 90^\circ - 14^\circ 2' = 75^\circ 58'.$$

Длина образующей делительного конуса

$$L = \frac{m z_1}{2 \sin \varphi_1} = \frac{4 \cdot 20}{2 \cdot 0,2424} = 165,1.$$

Высота головки зуба

$$h'_1 = k' m = 4 \text{ мм.}$$

Высота ножки зуба

$$h''_1 = k'' m = 1,1236 \cdot 4 = 4,494.$$

Угол ножки

$$\text{tg } \gamma_1 = \frac{h''_1}{L} = \frac{4,494}{165,1}; \gamma_1 = 1^\circ 33'$$

Угол установки шпинделя заготовки

$$\phi_1 = \varphi_1 - \gamma_1 = 14^\circ 2' - 1^\circ 33' = 12^\circ 29'.$$

Число зубьев производящего колеса

$$z_0 = \frac{z_1}{\sin \varphi_1} = \frac{20}{0,2424} = 82,55.$$

Длина хода резцов

$$l = b + 7 = 28 + 7 = 35 \text{ мм.}$$

Число двойных ходов резцов в минуту

$$n = \frac{1000v}{2 \cdot l} = \frac{1000 \cdot 20}{2 \cdot 35} = 286.$$

Настройка гитары скоростей:

$$i_v = \frac{286}{214} \approx \frac{40}{32}; \left(\sum z = 72 \right).$$

Настройка гитары обкатки:

$$i_x = \frac{z_1}{75 \sin \varphi_1} = \frac{20}{75 \cdot 0,2424}.$$

Подбор сменных зубчатых колес гитары обкатки можно проводить логарифмическим способом:

$$\lg \frac{20}{75 \cdot 0,2424} = 0,04144;$$

по таблицам [10] находим $0,04148$; $i_x = \frac{61 \cdot 79}{60 \cdot 73}.$

Настройка гитары деления:

$$i_\varphi = \frac{30}{z_1} = \frac{37}{20} = \frac{30}{40} \cdot \frac{50}{25}.$$

Настройка гитары распределительного вала (подач):

$$i_y = \frac{6,3}{t_{\text{ц}}} = \frac{6,3}{15} = \frac{21}{79} \cdot \frac{58}{37}.$$

Настройка гитары качания резцовой головки:

$$i_z = \frac{\lambda^\circ}{23}.$$

Угол качания

$$\lambda = 2,85 \lambda_1;$$

$$\lambda_1 = \left(\frac{355,3 \frac{h''_1}{m} + 90}{z_1} - 0,8 \right) \sin \alpha =$$

$$= \left(\frac{355,3 \frac{4,494}{4} + 90}{20} - 0,8 \right) \sin 20^\circ = 8,1^\circ;$$

$$\lambda = 2,85 \cdot 8,1^\circ = 23,9^\circ;$$

$$i_z = \frac{23,9}{23} \approx \frac{36}{32}; \left(\sum z = 68 \right).$$

Угол установки штосселей для чистовой обработки:

$$\delta_y = \frac{57,296 \left(\frac{t}{4} + h'' \text{tg } \alpha \right)}{L} =$$

$$= \frac{57,296 \left(\frac{\pi 4}{4} + 4,494 \cdot \text{tg } 20^\circ \right)}{165,1} = 1^\circ 39'.$$

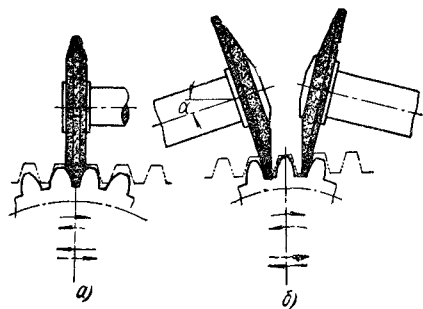
Зубошлифовальные станки

Зубошлифовальные станки применяются для отделки зубчатых колес после их термообработки. Зубошлифование — дорогая и длительная операция, однако применение в передачах шлифованных зубьев дает возможность зубчатым колесам работать со скоростями до 60 м/сек. (18 000 об/мин) и повысить передаваемые мощности.

Зубошлифовальные станки работают по принципу копирования, когда шлифовальный круг заправляется по форме впадины зубчатого колеса, или по принципу обкатки, когда шлифовальный круг заправляется по форме зуба производящей рейки, по которой обкатывается заготовка. В последнее время появились станки, работающие червячным шлифовальным кругом, что дает возможность осуществлять непрерывный процесс обкатки. В этих станках в основу кинема-

тической настройки могут быть положены те же расчетные перемещения, что и для зубофрезерных станков, работающих червячной фрезой.

Станки для шлифования цилиндрических зубчатых колес, работающие по методу обкатки заготовки по производящей рейке, имеют один или два круга. В первом случае прямолинейный профиль круга в радиальном сечении воспроизводит зуб производящей рейки (фиг. 172, а),



Фиг. 172. Принцип работы зубошлифовальных станков

во втором — две боковые стороны соседних зубьев рейки (фиг. 172, б).

Шлифовальный круг получает главное вращательное движение, а изделие или бабка со шлифовальным кругом получают возвратно-поступательное движение вдоль зуба.

Шлифуемое колесо, укрепленное на столе станка, совершает одновременно вращательное и поступательное движение для перекатывания заготовки по шлифовальному кругу. Станки работают обычно таким образом, что при прямом обкаточном движении стола шлифуется одна боковая сторона зуба, затем направление обкатки меняется и при обратном движении шлифуется вторая боковая сторона в той же впадине, так что за один цикл движений соседние профили одной впадины шлифуются окончательно. Затем изделие поворачивается на один зуб, и начинается обработка следующей впадины.

Скоростная цепь для сообщения шлифовальному кругу необходимого числа оборотов, как правило, у зубошлифовальных станков не настраивается, шлифовальный круг имеет постоянное число оборотов, получаемое от отдельного элек-

тродвигателя. Поэтому для обработки зубчатых колес на зубошлифовальных станках должны быть настроены следующие кинематические цепи:

1) цепь подачи вдоль зуба, обеспечивающая продольное перемещение ползуна со шлифовальной бабкой или стола с заготовкой; настройка осуществляется многоскоростным электродвигателем или коробкой подач;

2) цепь обкатки, устанавливающая определенную зависимость между угловыми и линейными перемещениями заготовки так, чтобы обеспечивалось перекатывание шлифуемого колеса по производящей рейке (t рейки $\rightarrow \frac{1}{z}$ оборота заготовки); настройка осуществляется подбором сменных зубчатых колес гитары обкатки;

3) цепь деления, обеспечивающая при помощи дифференциала или другого аналогичного механизма после обработки очередного зуба поворот заготовки на один или несколько зубьев; настройка осуществляется подбором сменных зубчатых колес гитары деления, исходя из условия n оборотов корпуса дифференциала $\rightarrow \frac{z_1}{z}$ оборотов заготовки);

4) цепь подач, обеспечивающая необходимую скорость перекатывания заготовки по производящей рейке; настройка осуществляется подбором сменных зубчатых колес однопарной гитары.

Ниже приводится расчет настройки зубошлифовального станка модели 5831 (фиг. 173), работающего одним шлифовальным кругом (фиг. 172, а).

Настройка других зубошлифовальных станков производится на основе тех же расчетных перемещений.

Скоростная цепь связывает $n_{эл}$ $\rightarrow n$ шлифовального круга:

$$n_{эл} \frac{d_1}{d_2} \eta = n_{шл.кр} = 1800 \text{ об/мин.}$$

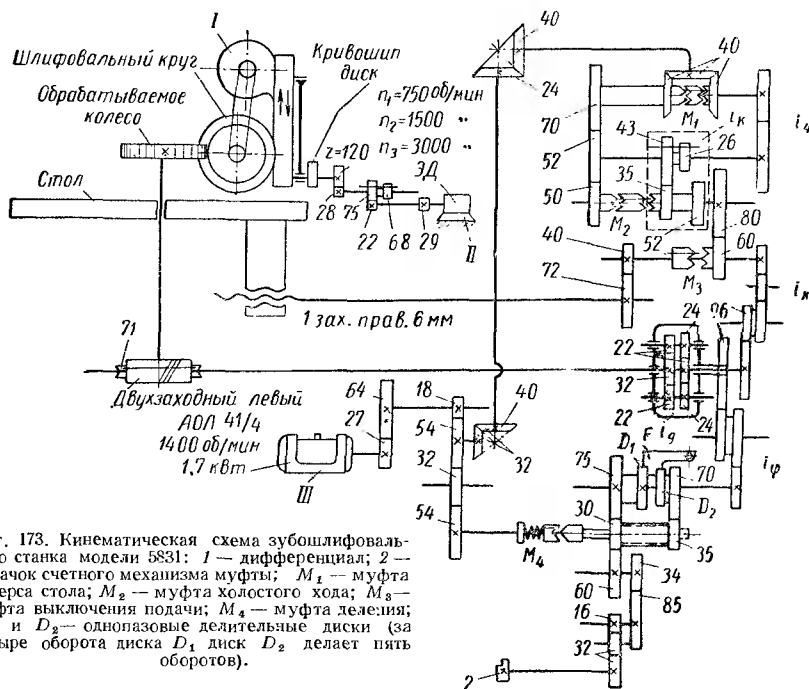
Цепь продольной подачи связывает число оборотов электродвигателя $n_{эл2}$ с числом n двойных ходов стола в минуту:

$$n_{эл2} \left\{ \frac{750}{1500} \left[\frac{22}{75} \text{ или } \frac{29}{68} \right] \frac{28}{120} = n. \right.$$

Цепь обкатки обеспечивает перекатывание заготовки по производящей рейке ($\pi t \rightarrow \frac{1}{z}$ оборота заготовки).

Перемещение стола осуществляется винтом $t_x = 6$ мм, который при перемещении стола на величину πm сделает $\frac{\pi m}{6}$ оборота. Поэтому уравнение баланса цепи

чания шлифования боковых поверхностей впадины столу сообщается быстрый ход, чтобы отвести заготовку от шлифовального круга, произвести делительный поворот и вернуть стол в исходное положение



Фиг. 173. Кинематическая схема зубошлифовального станка модели 5831: 1 — дифференциал; 2 — кулачок счетного механизма муфты; M_1 — муфта реверса; M_2 — муфта холостого хода; M_3 — муфта выключения подачи; M_4 — муфта деления; D_1 и D_2 — однопазовые делительные диски (за четыре оборота диска D_1 диск D_2 делает пять оборотов).

обкатки, удовлетворяющее указанному выше условию, будет:

$$\frac{\pi m}{6} \cdot \frac{72}{40} i_{\varphi} i_{D_1} \frac{2}{71} = \frac{1}{z},$$

где i_{D_1} — передаточное отношение дифференциала при неподвижном корпусе.

Подставив $i_{D_1} = \frac{22}{24} \cdot \frac{22}{32}$ (корпус дифференциала неподвижен), получим

$$i_{\varphi} = 59,7686 \frac{1}{d_{\text{делит}}},$$

где $d_{\text{делит}} = zm$ — диаметр делительной окружности обрабатываемой шестерни.

Цепь деления должна обеспечивать при n оборотах корпуса дифференциала поворот заготовки на $\frac{2i}{z}$ оборота. По оконча-

ния шлифования боковых поверхностей следующей впадины.

Для осуществления делительного процесса включается муфта M_4 , которая приводится от электродвигателя III, и из однопазовых дисков D_1 и D_2 выводится фиксатор F . Тогда движение пойдет от

муфты M_4 через шестерни $\frac{30}{75}$ на диск D_1 ,

а через шестерни $\frac{35}{70}$ — на диск D_2 .

При вращении диска D_1 движение идет через звено настройки делительной цепи i_{φ} , дифференциал i_{D_2} и червячную

пару на поворот заготовки на $\frac{1}{z}$. Про-

цесс деления будет идти до тех пор, пока диски D_1 и D_2 займут такое положение, что их пазы совпадут и фиксатор F вновь застопорит оба диска. Сразу же отключится муфта M_4 , а муфта M_2 включится

на рабочий ход. Конечными элементами делительной цепи будут вал с муфтой M_4 , которая даст вращение корпусу дифференциала, и стол с заготовкой. Делительный процесс идет до тех пор, пока не произойдет один относительный оборот дисков, который равен разности их абсолютных перемещений, т. е.

$$1 \text{ оборот} = n_{M_4} \left(\frac{35}{70} - \frac{30}{75} \right).$$

Отсюда

$$n_{M_4} = \frac{1}{\frac{35}{70} - \frac{30}{75}} = 10 \text{ оборотов},$$

а диски сделают: D_1 четыре оборота и D_2 пять оборотов. Таким образом, за расчетные перемещения делительной цепи можно принять 10 оборотов муфты

$$M_4 \rightarrow \frac{1}{z} \text{ заготовки}.$$

Уравнение баланса:

$$10 \text{ оборотов } M_4 \cdot \frac{30}{75} i_{\varphi} i_{\partial_2} \frac{2}{71} = \frac{1}{z},$$

где передаточное отношение дифференциала при вращении корпуса и неподвижной центральной шестерне с $z = 22$ зубьями

$$i_{\partial_2} = 1 - \frac{22}{24} \cdot \frac{22}{32}.$$

Передаточное отношение гитары деления $i_{\varphi} = \frac{24}{z}$.

Цепь подачи связывает число оборотов электродвигателя $n_{эл}$ с заданной величиной подачи s_M мм/мин.

Уравнение баланса:

$$1400 \frac{27}{64} \cdot \frac{18}{54} \cdot \frac{32}{40} \cdot \frac{24}{40} \cdot \frac{40}{40} i_y i_k \frac{80}{60} \cdot \frac{40}{72} \times \\ \times 6 = s_M,$$

откуда

$$i_y = \frac{s_M}{426 i_k}.$$

Настройка обеспечивается однопарной гитарой на подачи в диапазоне $s_M = 50 \div 600$ мм/мин. Подача при холостом ходе $s_{x,x} = 600$ мм/мин.

Для обработки зубчатых колес с винтовым зубом ползун со шлифовальной бабкой устанавливается под углом спираль β . Таким образом обеспечивается перемещение шлифовального круга вдоль зуба.

Пример. Настроить станок на шлифование зубчатого колеса: $z = 60$ зубьев; $m = 3$ мм; $b = 24$ мм.

Настройка цепи обкатки:

$$i_x = 59,7686 \frac{1}{d_{\text{делит}}} = 59,7686 \frac{1}{3 \cdot 60}.$$

Подбор сменных зубчатых колес можно проводить логарифмическим способом:

$$\lg \frac{59,7686}{180} = -0,47881.$$

По таблицам [10] находим $-0,47883$, $i_x = \frac{45 \cdot 47}{65 \cdot 98}$.

Настройка цепи деления:

$$i_{\varphi} = \frac{21}{z} = \frac{24}{60} = \frac{40}{50} \cdot \frac{30}{60}.$$

Скоростная цепь не настраивается (шлифовальный круг вращается с постоянной скоростью). Цепи подачи настраиваются приближенно.

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ ТОЧНОСТИ ВИНТОРЕЗНЫХ И ЗУБОРЕЗНЫХ СТАНКОВ

Существуют три основных способа повышения кинематической точности станков:

а) *прямое повышение точности звеньев кинематической цепи* и в первую очередь тех звеньев, неточности которых оказывают наибольшее влияние на точность кинематической цепи в целом;

б) *компенсация ошибок кинематической цепи* путем наложения на основное относительное движение конечных звеньев цепи добавочного движения, задающего этим звеньям относительные перемещения, равные по величине ошибке кинематической цепи, но обратные по знаку.

в) *изменение кинематических параметров станков* на основе рационального их выбора.

Прямое повышение точности звеньев кинематических цепей

При прямом повышении точности звеньев кинематических цепей винторезных и зуборезных станков основное внимание должно быть уделено ходовым винтам, и червячным делительным парам, поскольку их неточности являются главными причинами неточностей указанных цепей. Однако замена этих деталей оказывается возможной далеко не всегда, так как для их изготовления необходимы прецизионные станки.

Наличие точного винторезного и червячно-шлифовального оборудования является обязательным при производстве ходовых винтов и червяков, поскольку никаких специальных технологических приемов, обеспечивающих получение первородных точных винтов и червяков независимо от точности станков, не разработано. Изготовление же точных червячных колес без использования точных станков в принципе возможно. Для этого применяется процесс доводки.

Один из методов изготовления точного делительного колеса путем доводки приводится ниже.

Для осуществления процесса доводки в данном случае требуются специальная конструкция заготовки колеса, зубофрезерный станок и комплект односторонних шевиров.

Заготовка колеса должна быть выполнена разрезанной по ее средней плоскости на две части, из которых одна может поворачиваться относительно другой на любой угол вокруг общей оси, центрируясь непосредственно на валу либо на бурте другой части. Средняя плоскость заготовки должна быть плоскостью плотного смыкания обеих частей заготовки, могущих прочно скрепляться друг с другом при посредстве болтов.

Зубофрезерный станок может быть применен любой точности. Он требуется для предварительного (чернового) нарезания зубьев червячного колеса червячной фрезой или одиночным резцом-летучкой.

Комплект цилиндрических насеченных шевиров должен состоять из двух односторонних шевиров, имеющих насечку только на одной стороне витка (один на правой стороне, другой — на левой). Наружный цилиндр шевиров делается без насечек. Витки одного шевера должны быть толще витков другого шевера на несколько сотых миллиметра.

Обе части заготовки червячного колеса скрепляются болтами и подвергаются совместно предварительной обработке (нарезание зубьев) на зубофрезерном станке с соблюдением условий выверки заготовки на столе станка. После нарезания колеса заготовка насаживается на специальную оправку, если этого по условиям крепления заготовки на станке нельзя было сделать до нарезания зубьев. Специальная оправка должна иметь тщательно выполненные центры. Вал с сидящим на нем червячным колесом ставится в центрах на том же зуборезном

станке для выполнения доводочной операции.

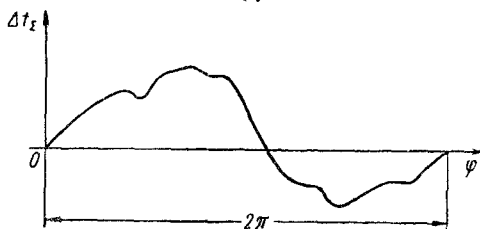
Болты, стягивающие обе части заготовки, освобождаются, и одна из частей заготовки повертывается относительно другой на угол

$$\psi_1 = \left[\pi - \frac{\pi}{z_k} \right] \div \left[\pi + \frac{\pi}{z_k} \right],$$

где z_k — число зубьев колеса.

Затем части колеса скрепляются вновь при соблюдении условий, рассмотренных ниже.

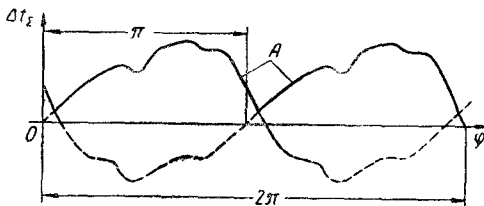
Фиг. 174 изображает график накопленной погрешности окружного шага такого



Фиг. 174.

разрезного червячного колеса после его предварительной обработки. Очевидно, что этот график в равной мере справедлив по отношению к обеим частям колеса, как обработанным совместно.

После разворота на угол ψ_1 части колеса должны быть зафиксированы относительно друг друга болтами так, чтобы эффективная накопленная погрешность системы отвечала фиг. 175, полученной путем на-



Фиг. 175.

ложения двух тождественных кривых по фиг. 174, взаимно смещенных по фазе на угол ψ_1 . Очевидно, что относительное расположение зубьев двух частей колеса будет при этом отвечать фиг. 176. Из этой фигуры видно, что некоторый n -й зуб верхней части колеса сдвинут влево относительно зуба нижней части, в то время как картина относительного расположения m -х зубьев будет обратной.

Если колесо с подобным взаимным расположением зубьев будет сопряжено с червяком, то витки последнего будут взаимодействовать только с выступающими профилями зубьев колеса, и эффективная накопленная погрешность колеса действительно будет соответствовать сплошной кривой *A*, приведенной на фиг. 175.

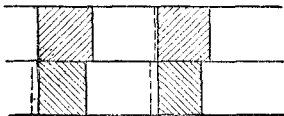
Если, осуществляя радиальную подачу, ввести в плотное зацепление с колесом установленный на фрезерной оправке односторонний червячный шевёр с бо-



Фиг. 176.

лее тонким витком, то этот шевёр будет обрабатывать лишь одни стороны зубьев колеса.

Стол станка при этом неподвижен (цепь гитары деления станка расцеплена), а колесо ведётся шевёром, свободно вращаясь в центрах. Ширина впадины между зубьями колеса будет определяться толщиной витка шевёра, и обработанные стороны колеса примут после шевингования вид, показанный на фиг. 177.



Фиг. 177.

Неточности положения шевингованных сторон зубьев колеса будут также отвечать кривой *A* (фиг. 175).

После этого берётся шевёр с более толстыми витками. Режущая сторона витков шевёра должна быть обращена теперь к ранее необработанным сторонам зубьев червячного колеса, на которых имеются уступы.

Весь процесс шевингования повторяется вновь с соблюдением всех указанных условий. В результате получается червячное колесо, имеющее по обоим сторонам зубьев накопленную погрешность согласно кривой *A* (фиг. 175).

Продолжая процесс последовательного одностороннего шевингования разных сторон зубьев с помощью пары шевёров, можно достигнуть снижения накопленных ошибок червячного колеса до любого желаемого уровня. При этом перед каж-

дым последовательным циклом обработки необходимо взаимно смещать части составного колеса на углы ψ_2 , ψ_3 и т. д.:

$$\psi_2 = \left[\frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{z_k} \right] \div \left[\frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{z_k} \right];$$

$$\psi_3 = \left[\frac{\pi}{4} - \frac{\pi}{z_k} \right] \div \left[\frac{\pi}{4} + \frac{\pi}{z_k} \right].$$

Компенсация ошибок кинематических цепей

Методы повышения точности кинематических цепей, основывающиеся на компенсации ошибок, сводятся к тому, что в кинематическую цепь станка вводятся добавочный механизм — *коррекционное устройство*, задачей которого является сообщить ее конечным звеньям дополнительные относительные перемещения, равные по величине, но обратные по знаку ошибкам цепи.

Все существующие коррекционные устройства имеют звено, выполненное в виде линейки или кругового копира, спрофилированных по закону, подобному закону изменения функциональной кинематической ошибки цепи. Кроме того, все коррекционные устройства содержат в себе элементы, позволяющие осуществить сложение движений.

Эффективность работы коррекционного устройства зависит в большой степени от того, какому из звеньев цепи они сообщают добавочное движение. Наиболее эффективными являются коррекционные устройства, сообщающие добавочные движения одному из быстроходных звеньев цепи. Эти добавочные движения непосредственно (алгебраически) складываются с основными движениями звена.

Коррекционные устройства, сообщающие корректирующие перемещения тихоходному звену или звену, движущемуся в направлении, не совпадающем с его основным движением (например, вращающемуся червяку — в осевом направлении, в котором червяк по основной схеме построения цепи должен быть неподвижен), работают значительно хуже.

Это объясняется тем, что более быстроходному звену в направлении его основного движения во всех без исключения случаях необходимо сообщать большие добавочные корректирующие перемещения, что может быть легко сделано с требуемой точностью даже при помощи сравнительно грубо изготовленного устройства, и тем, что осуществление малых

перемещений массивных деталей и узлов с большой точностью весьма затруднительно, так как этому препятствует трение.

Некоторые схемы коррекционных устройств. Устройства, корректирующие прямолинейное поступательное движение. На фиг. 178 приведена схема устройства, корректирующего ошибку ходового винта. Ошибка винта компенсируется поворотами гайки, осуществляемыми с помощью рычага, постоянно опирающегося на коррекционную линейку, профилированную по закону изменения ошибки *.

Устройство осуществляет лишь частичную компенсацию ошибки цепи, поскольку ее составляющие малого периода действия, порождаемые неточностями элементов, приводящих в движение винт, не компенсируются. Недостатком системы является то, что трение между гайкой и втулкой кронштейна препятствует осуществлению точных поворотов на малые углы. Этот недостаток проявляется тем сильнее, чем больше шаг винта.

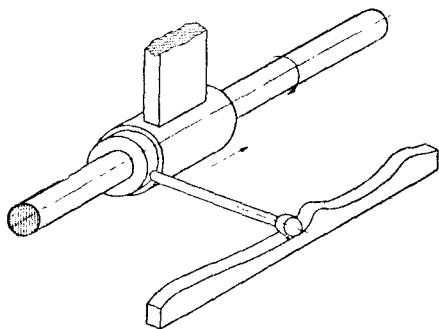
* Д. И. Писаревым предложен следующий способ корректирования ошибок ходовых винтов токарно-винторезных станков и изготовления коррекционных линеек к коррекционным устройствам такого типа.

На место разрезной маточной гайки в фартуке станка монтируется цилиндрическая глухая гайка. В центрах станка устанавливается эталонный винт с гарантированно правильной резьбой и по шагу τ и по подьему винтовой линии. Станок настраивается на резьбу шага эталона. Шуп индикатора, закрепленного на суппорте станка, вводится во впадину между соседними витками эталона. Стрелка индикатора устанавливается на нуль. Если после этого шпинделю станка дать один оборот, суппорт вместе с индикатором переместится на τ ; при правильном ходовом винте стрелка индикатора при этом останется на нуле; на участках ходового винта, где имеются ошибки в шаге резьбы, стрелка будет отходить от нуля.

Поворачивая вручную регулировочный винт, дают гайке такой поворот, при котором суппорт сместится так, что стрелка индикатора возвратится на нуль. Указанный поворот гайки сопровождается поворотом ее длинного рычага, который посредством чертилки, поджатой пружинной, прочертит на покрытой черным лаком заготовке коррекционной линейки вертикальные штрихи. Последующие повороты шпинделя будут повторять этот процесс, пока ходовой винт не будет проверен по всей длине.

Полученные таким образом на заготовке коррекционной линейки штрихи соединяются плавной кривой, по которой вручную выпиливается рабочая грань коррекционной линейки. После изготовления линейки на гайке вместо чертилки в длинном рычаге закрепляется штифт, при скольжении которого по рабочей грани коррекционной линейки гайка будет совершать повороты, вызывающие дополнительные перемещения (положительные или отрицательные), компенсирующие погрешности ходового винта. *Ред.*

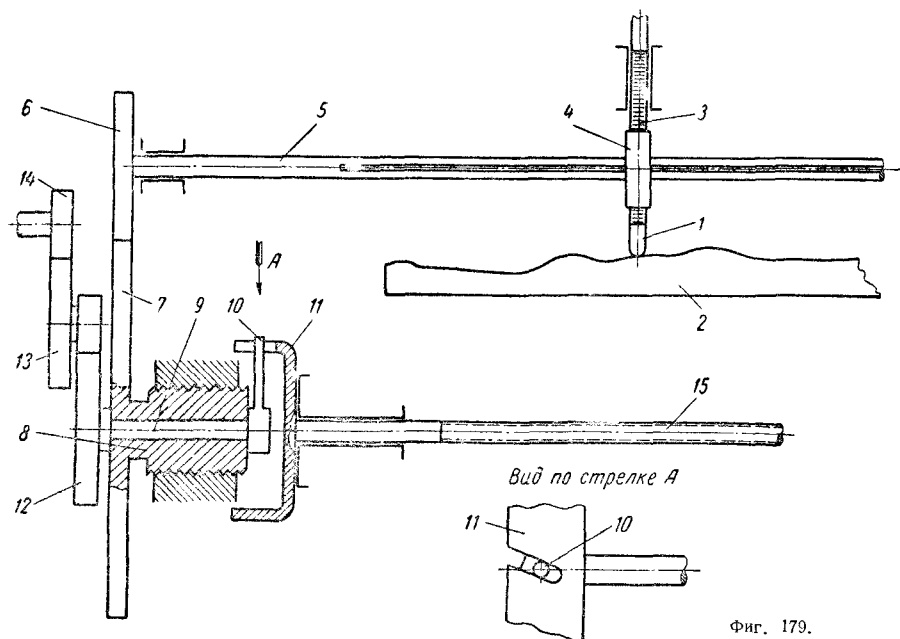
На фиг. 179 показана схема другого устройства для тех же целей. Толкатель 1, движущийся вдоль коррекционной линейки 2 со скоростью, равной скорости гайки по ходовому винту, совершает перемещения в вертикальном направлении. Это движение при помощи рейки 3, колеса 4, шпоночного вала 5, колес 6 и 7 и винтовой втулки 8 передается оси 9 и пальцу 10, находящемуся в винтовых лазах стакана 11, в виде движения вдоль оси стакана 11. В результате добавочные повороты стакана и ходового винта 15 складываются (алгебраически) с их основным вращением, получаемым с валика 12 при помощи колес 13 и 14.



Фиг. 178.

В этом устройстве, принципиально отличающемся от предыдущего тем, что добавочное движение непосредственно сообщается вращающемуся винту, влияние трения исключается. Кроме того, необходимые повороты втулки 8 могут быть значительно увеличены уменьшением шага ее нарезки.

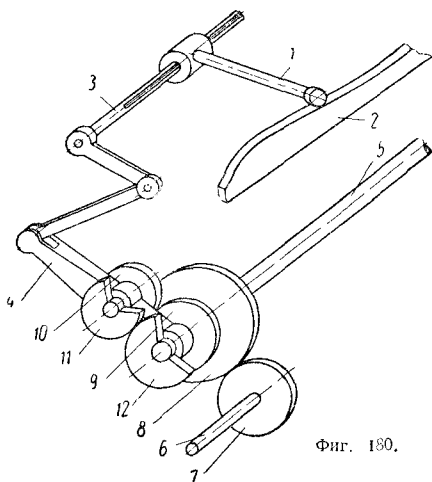
Еще более совершенным является устройство, схема которого дана на фиг. 180. Принцип работы этого устройства таков. Рычаг 1 движется вдоль коррекционной линейки 2 со скоростью, равной скорости движения гайки по ходовому винту. Качания рычага, постоянно следующего по профилю коррекционной линейки, вызывают повороты шпоночного валика 3. Далее эти повороты через посредство системы рычагов передаются водилу 4. Таким образом, на основное вращательное движение ходового винта 5, получаемое им с валика 6 через колеса 7—12 (колеса 8 и 9 сидят взаимно-неподвижно на общей втулке, не связанной жестко с ходовым винтом, а колесо 12 жестко закреплено на



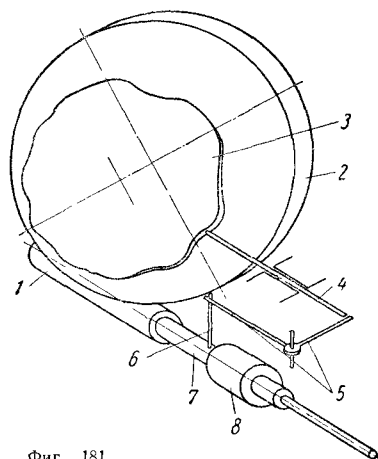
Фиг. 179.

ходовом винте), накладывается дополнительное, получаемое от водила 4.

При вращении колеса и копира последний воздействует на толкатель 4, который получает возвратно-поступательные перемещения вдоль собственной оси. Движение толкателя рычагами 5 и 6 преобразуется



Фиг. 180.

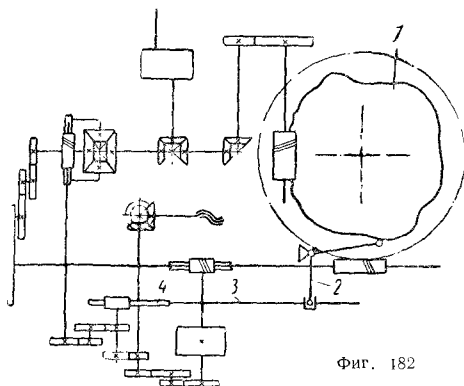


Фиг. 181.

Устройства, корректирующие вращательные движения. Вращение от червяка 1 (фиг. 181) передается червячному колесу 2; в целях коррекции поворотов червячного колеса 2 с ним связывается круговой копира 3.

в повороты втулки 7, ввернутой в неподвижную гайку 8. Втулка 7 своим торцом упирается в червяк 1, сообщая ему осевые перемещения.

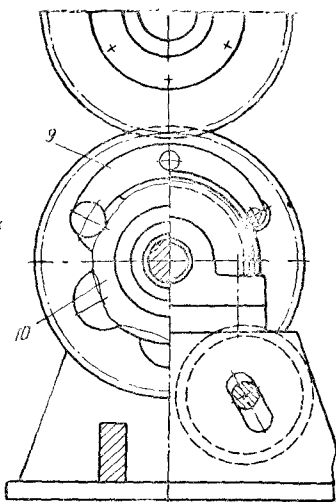
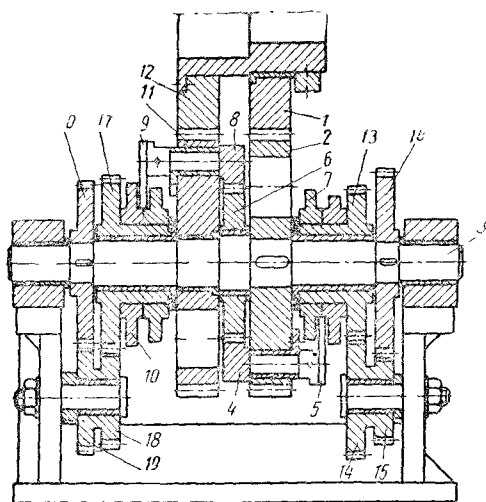
Данное устройство, схема которого весьма часто встречается и в некоторых иных модификациях, имеет те же недостат-



Фиг. 182

ки, что и первое из ранее приведенных устройств.

В отношении чувствительности к задаваемым корректирующим перемещениям более совершенным является устройство, схема которого изображена на фиг. 182.



Фиг. 183.

Здесь корректирующие перемещения от кругового копира 1, расположенного на столе станка, с помощью рычага 2, тяги 3 и рейки 4 передаются в гитару дифференциала станка (устройство предназначено для корректирования ошибок делительной цепи универсального зубофрезерного станка). Суммирование добавочного корректи-

рующего движения с основным осуществляется дифференциалом самого станка.

Существенным недостатком этого устройства является то, что оно значительно уменьшает возможности станка, превращая его в бездифференциальный.

Универсальные коррекционные устройства. Все рассмотренные выше коррекционные устройства обеспечивают лишь частичную компенсацию ошибок, поскольку профилирование коррекционных линеек и круговых копиров производится без учета составляющих ошибки цепи, имеющих малый период действия.

Практически полная компенсация всех основных составляющих кинематической ошибки (больших и малых периодов действия) обеспечивается применением устройства, схема которого приведена на фиг. 183.

Устройство включается в кинематическую цепь станка на участке, содержащем наиболее быстроходные звенья, например в гитаре настройки цепи, и позволяет обойтись без каких-либо переделок станка.

По существу устройство в равной мере пригодно и для корректирования ошибок

цепей, связывающих два вращающихся звена, и для корректирования ошибок цепей, когда одно из конечных звеньев движется прямолинейно.

Зубчатое колесо 1 кинематической цепи, обычно жестко укрепленное на своем валу, устанавливается на нем свободно, превращаясь при этом в паразитное колесо,

Колесо 2, получая вращение от колеса 1, вращает вал 3 устройства и увлечает за собой зубчатый сектор 4 и соединенный с ним двусторонний рычаг 5. Сектор 4 и рычаг 5 сидят на одном пальце, свободно вращающемся в отверстии колеса 2. При вращении колеса 2 сектор 4 начинает обкатываться по центральному колесу 6 до тех пор, пока рычаг 5 одним из своих концов не упрется в круговой копира 7. В этот момент центровое колесо 6 начинает вращаться вместе с колесом 2 на валу 3, сообщая вращение зубчатому сектору 8 и сидящему на общей с ним оси рычагу 9. Вращение сектора 8 продолжается до тех пор, пока рычаг 9 одним из своих концов не упрется в круговой копира 10. В этот же момент начинается вращение колеса 11, свободно сидящего на валу устройства.

Колесо 11 передает вращение колесу 12, жестко укрепленному на валу рядом с паразитным колесом 1.

Круговые копиры 7 и 10, сидящие на свободных втулках соосно с валом 3, получают через систему колес 13—16 и 17—20 с вала 3 необходимое вращение, скопость которого подбирается с таким расчетом, чтобы периоды вращения копира 7 относительно оси рычага 5 и копира 10 относительно оси рычага 9 были соответственно равны:

а) периоду одного оборота тихоходного звена цепи (для цепей, связывающих два вращающихся звена) или времени, за которое совершается полное перемещение поступательно движущегося звена по всей его траектории (для цепей, связывающих вращающееся звено со звеном, движущимся прямолинейно-поступательно);

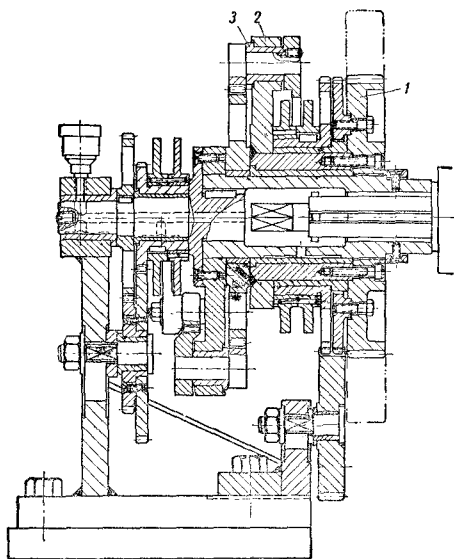
б) периоду действия основной высокочастотной составляющей кинематической ошибки.

При использовании любого из рассмотренных выше коррекционных устройств для случаев компенсации ошибок прямого и обратного хода (реверсивная работа цепей) должно учитываться возможное отличие ошибок прямого и обратного ходов.

При наличии такого различия для каждого направления движения применяются самостоятельные коррекционные линейки и круговые копиры.

В последнем из описанных устройств дополнительные круговые копиры располагаются рядом с копирами 7 и 10 и на них опираются рычаги 5 и 9 своими вторыми концами. Переключение рычагов при реверсировании осуществляется автоматически.

На фиг. 184 дан общий вид другого конструктивного варианта универсального коррекционного устройства, включаемого в гитару настройки станка.



Фиг. 184.

Колесо 1 является сменным колесом гитары настройки станка. Рычаг 2 жестко связан с колесом 1, и движение от него передается втулке 3 и от нее валу станка таким же путем, как в устройстве по фиг. 183 от колеса 2 к колесу 11.

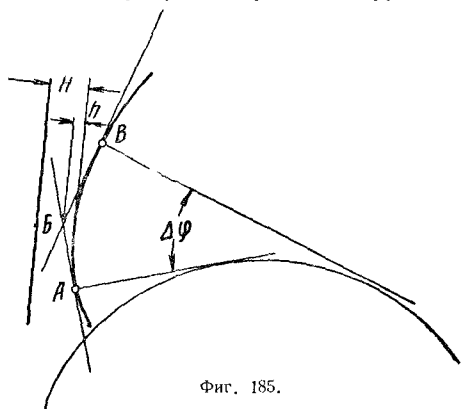
Улучшение точностных характеристик станков путем изменения их кинематических параметров

Кроме приведенных выше способов повышения кинематической точности станков, значительное повышение точности изделий, обрабатываемых на станке, может быть обеспечено за счет рационального выбора кинематических параметров станка.

Данный прием находит себе широкое применение как при изготовлении новых, так и при модернизации существующих зубсобрабатывающих станков. Обычно дело сводится к значительному повышению числа зубьев червячных делительных колес этих станков, а следовательно, к такому же повышению частоты (укорочение периода) циклических ошибок

станка. При этом создаются условия, когда циклические погрешности кинематической цепи станка не могут быть перенесены на обрабатываемое изделие.

Фиг. 185 показывает, что если A и B будут двумя положениями режущего органа инструмента (режущая кромка фрезы или след активной поверхности шлифовального круга), разделенными между собой поворотом изделия в обработке на такой угол $\Delta\varphi$, который соответствует полному периоду циклической погрешности кинематической цепи станка, то погрешность обработки не сможет превысить величины h , независимо от того, каким было промежуточное положение B режущего органа инструмента.



Фиг. 185.

Иначе говоря, режущий инструмент в его положениях A и B срежет неточность обработки H , полученную при промежуточном положении B этого инструмента за счет циклической погрешности станка, и оставит лишь погрешность h .

Анализ описываемого явления показывает, что предельная величина размаха циклической погрешности кинематической цепи зубообрабатывающего станка, могущая быть отображенной без искажения (сокращения), оказывается равной

$$h_{\max} = \frac{2\Phi}{z_d^2 - 1},$$

где Φ — угол развернутости эвольвентного профиля в точке, где измеряется отображаемая на нем погрешность; z_d — число зубьев червячного делительного колеса зубообрабатывающего станка (частота циклической погрешности обработки).

Следует однако иметь в виду, что для случаев обработки зубчатых колес червячными фрезами (зубофрезерные станки) желаемый эффект от увеличения числа зубьев червячного колеса не будет иметь места, если число зубьев червячного делительного колеса будет более половины произведения числа зубьев нарезаемого колеса на число режущих канавок червячной фрезы.

Числа зубьев червячных делительных колес, которые могут быть рекомендованы для прецизионных зубофрезерных станков, приносятся в нижеследующей таблице.

Диаметр нарезаемого колеса	Число зубьев делительного колеса зубофрезерного станка, не менее	Произведение числа зубьев нарезаемого изделия на число канавок червячной фрезы, не менее
Св. 320 до 500	180	360
" 500 " 800	240	480
" 800 " 1250	300	600
" 1250 " 2000	400	800
" 2000 " 3150	600	1200
" 3150 " 5000	850	1700

Стабилизация ошибок кинематических цепей

Работы по повышению точности кинематических цепей путем применения коррекционных устройств дают тем больший эффект, чем стабильнее закономерность функциональной кинематической ошибки. Причинами нестабильности функции ошибки обычно являются всевозможные зазоры, обуславливающие недопущенные перемещения звеньев цепи, переменное по интенсивности трение, вызванное различными перекосами, несовершенствами и плохим состоянием рабочих поверхностей деталей, а также колебания температуры.

Часто нестабильность ошибки обуславливается биением шарико- и роликоподшипников (особенно упорных), порождающим недопустимые перемещения звеньев цепи. Поэтому работе по повышению кинематической точности должна предшествовать работа по стабилизации кинематических ошибок цепей. Прежде всего необходимо устранить некоторые геометрические ошибки. Особенно важно устранение таких дефектов, как «плавание стола» (планшайбы, шпинделя).

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ

Обработка валов и шпинделей

Заготовки для изготовления особо точных валов не должны иметь изогнутости, превышающей припуск на черновую обработку, так как правку заготовки для таких валов производить не рекомендуется. Чтобы ликвидировать кривизну заготовки, при изготовлении точных валов прибегают к перецентровкам и исправлению центров. Это необходимо учитывать при установлении длины заготовки, которая должна обеспечивать возможность выполнения всех необходимых перецентровок.

Операция нормализации для всех цельных особо точных валов должна проводиться после операции черного точения, а для пустотелых валов — после сверления отверстия. Валы невысокой точности нормализации в процессе обработки не подвергаются.

Правильность центровых гнезд проверяется вращением вала от руки в центрах; при этом не должно ощущаться защемление из-за неправильных центровых гнезд.

Обработка шлицевых валов производится следующим образом.

При центрировании по наружному диаметру и допусках по ширине шлицев, относящихся ко 2-му классу точности, Соковые поверхности шлицев как незакаливаемых, так и подвергающихся закалке фрезеруются с припуском под шлифование. У валов без центрального отверстия шлифование боковых поверхностей шлицев производится после всех операций обработки. У валов с центральным отверстием, если таковое по техническим условиям должно быть концентрично наружным поверхностям, шлифование боковых поверхностей производится перед окончательной обработкой отверстия.

Шлицевые валы 3-го класса точности, не подвергающиеся термообработке, фрезеруются начисто, в размер.

Если поверхности шлицев должны быть закалены, они фрезеруются начерно и после этого шлифуются.

При центрировании по внутреннему диаметру шлицевые валы 2-го и 3-го классов точности фрезеруются начерно с припуском под шлифование, после чего производится шлифование боковых поверхностей и внутренней центрирующей поверхности.

Если на ступенчатом валу отсутствуют шлицы или зубья шестерен, при рихтовании после термообработки за базы для проверки принимают поверхности, которые подвергаются после термообработки шлифованию. При наличии на валах зубьев шестерен или шлицев базами для проверки должны служить их элементы.

Ступенчатые валы с наружными поверхностями 0-го и 1-го классов точности шлифуются с припуском под притирку и сверхдоводку (суперфиниш).

Сверхдоводка — особый вид доводочного шлифования ведется абразивными брусками зернистостью 300—500. Назначение этого процесса — обеспечить высокую чистоту поверхности, но не довести деталь до заданного размера. Требуемая точность должна быть получена подготовительной операцией. Припуск под сверхдоводку оставляется около 5 мк на диаметр. Для сверхдоводки применяются абразивные брусочки средней твердости СМ1 — М3 на керамической связке. Процесс сверхдоводки проводится при наличии обильной смазки. Смазывающими жидкостями служат смеси: керосина 10 ч. и масла веретенного 1 ч.; керосина 10 ч. и масла турбинного 1 ч.

Сверхдоводка повышает износоустойчивость деталей.

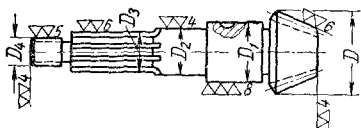
Операция сверхдоводки выполняется на специальных станках. В ремонтно-механических цехах эта операция часто выполняется на токарных станках при помощи приспособлений.

У пустотелых валов с точным центральным отверстием, которое должно быть концентрично наружным поверхностям шеек, обработка начерно отверстия производится между черновой и чистовой токарными операциями. Получистовая обработка отверстия осуществляется и после чистовой токарной операции, а чистовая — после шлифования в размер. При чистовой обработке отверстия базовыми поверхностями для установки вала являются основные рабочие шейки вала. Во всех случаях чистовая обработка внутренних поверхностей должна производиться после всех других операций.

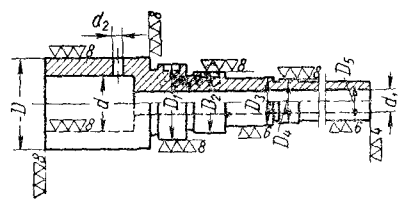
Отделку шеек валов больших размеров производят абразивным полотном с помощью деревянных хомутов или жимков на токарных станках.

Шпоночные гнезда на шейках валов, подлежащих шлифованию, рекомендуется забивать деревом твердой породы или мягким металлом для получения правильной формы шеек.

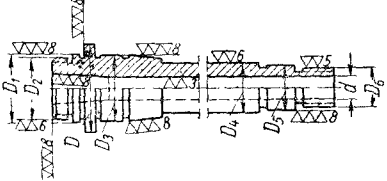
242. Технологический маршрут обработки ступенчатых комбинированных валов 2-го класса точности диаметром 30–50 мм длиной до 500 мм

				Наименование детали — комбинированный вал	
				Материал — сталь 20Х	
				Заготовка — прутки	
				Термообработка — цементация, закалка	
№ операции	Наименование операции	Оборудование	Приспособления		
1	Отрезать заготовку	Механическая пиловка или пила для резки металлов	Тиски		
2	Подрезать торцы и зацентровать их	Токарный станок	Патрон трехкулачковый, люнет неподвижный		
3	Обточить начерно D_1 , D_2 , D_3 , D_4	То же	Хомутик, центры		
4	Обточить с припуском под шлифование D_1 и начисто D_2 , D_3 , D_4 , прорезать канавки и снять фаски	"	То же		
5	Обточить начисто конусы шестерни	"	"		
6	Фрезеровать шлицы на D_3 с припуском под шлифование	Горизонтально-фрезерный станок	Делительная головка, хомутик, центры		
7	Шлифовать наружную поверхность D_1 предварительно	Круглошлифовальный станок	Хомутик, центры		
8	Фрезеровать зубья на конической поверхности	Зубострогальный или горизонтально-фрезерный станок	Делительная головка, патрон трехкулачковый		
9	Обкатать зубья	Токарный станок	Приспособление		
10	Нарезать резьбу D_4	То же	Хомутик, центры		
11	Калибровать резьбу D_4 и снять заусенцы	Верстак	Тиски		
12	Цементовать, калить, отпустить и рихтовать	Винтовой пресс	Призмы		
13	Исправить центровые гнезда	Токарный станок	Центры		
14	Обкатать зубья	То же	Приспособление		
15	Шлифовать D_1 в размер	Круглошлифовальный станок	Хомутик, центры		
16	Шлифовать D_3	То же	То же		
17	Шлифовать шлицы	Шлицешлифовальный станок	"		

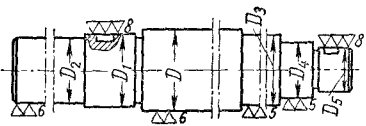
243. Технологический маршрут обработки ступенчатых валов 2-го класса точности
диаметром 30—100 мм, длиной до 700 мм

		Наименование детали — <i>ступенчатый вал</i>	
		Материал — <i>сталь 45</i>	
		Заготовка — <i>пруток</i>	
		Термообработка — <i>нет</i>	
№ операции	Наименование операции	Оборудование	Приспособления
1	Отрезать заготовку	Механическая ножовка или пила для резки металлов	Тиски
2	Подрезать торцы и зацентрировать	Токарный станок	Патрон трехкулачковый, локнет неподвижный
3	Обточить начерно D	То же	Хомутик, центры
4	Сбточить начерно D_1, D_2, D_3, D_4, D_5	„	То же
5	Сверлить отверстия d_1 ; расточить предварительно отверстие d	„	Патрон трехкулачковый, люнет
6	Обточить с припуском под шлифование D_1, D_2, D_4 , и начисто D_3 и D_5 , прорезать канавки и снять фаски	„	Хомутик, центровая оправка, центры
7	Отточить с припуском под шлифование D	„	То же
8	Фрезеровать шпоночный паз на D_2	Вертикально-фрезерный станок	Тиски
9	Сверлить отверстие d_2	Сверлильный станок	„
10	Шлифовать D, D_1, D_2 и D_4	Круглошлифовальный станок	Хомутик, центры, центровая оправка
11	Расточить отверстие d с припуском на шлифовку	Токарный станок	Патрон трехкулачковый, люнет
12	Шлифовать отверстие	Внутришлифовальный станок	То же

244. Технологический маршрут обработки шпинделя 1-го класса точности
диаметром 30—100 мм, длиной до 1000 мм

			
Наименование детали — шпиндель			
Материал — сталь 20Х			
Заготовка — пруток			
Термообработка — цементация, закалка			
№ операции	Наименование операции	Оборудование	Приспособления
1	Отрезать заготовку	Механическая ножовка или лила для резки металла	Тиски
2	Подрезать торцы и зацентровать	Токарный станок	Патрон трехкулачковый, люнет неподвижный
3	Обточить под люнет D_4	То же	Центры, хомут
4	Обточить предварительно D_1, D_2	То же	Центры, хомут, люнет неподвижный
5	Обточить предварительно D_3, D_4, D_5, D_6	То же	То же
6	Сверлить отверстие d	То же	Патрон трехкулачковый, люнет неподвижный
7	Нормализация	—	—
8	Править	Пресс винтовой	—
9	Расточить в отверстии d места для пробки с одной и с другой стороны	Токарный станок	Патрон трехкулачковый, люнет неподвижный
10	Обточить с припуском под шлифование D_4 и начисто D_1 ; прорезать канавки и снять фаски	То же	Центры, центровые пробки разжимные, хомут
11	Обточить с припуском под шлифовку D_3, D_5 и конуса наружного, начисто D_4 и D_6 , прорезать канавки и снять фаски	То же	То же
12	Расточить внутренний конус с припуском под шлифование и нарезание резьбы D	То же	Патрон трехкулачковый, люнет неподвижный, тиски
13	Фрезеровать шпоночный паз на наружном конусе	Вертикально-фрезерный станок	То же
14	Снять заусенцы	Верстак	—
15	Цементовать	—	—
16	Сточить цементованный слой на D_2 , торце A и D_8 и прорезать канавки для выхода резьбы и снять фаски	Токарный станок	Центры, хомут
17	Калить и отпускать	—	—
18	Править	Винтовой пресс	Призмы
19	Шлифовать предварительно D_1 и D_2	Круглошлифовальный станок	Центры, центровая оправка, хомут
20	Шлифовать предварительно D_3 и D_5	То же	То же
21	Старение	—	—
22	Шлифовать с припуском под притирку D_1 ; в размер D и торец D	Круглошлифовальный станок	—
23	Шлифовать с припуском под притирку D_3, D_5 в размер наружного конуса	То же	—
24	Притереть в размер D_1, D_3 и D_5	Токарный станок	Жимки
25	Нарезать резьбу на D_2	То же	Патрон трехкулачковый, люнет неподвижный
26	Нарезать резьбу на D_6	То же	Центры, хомут, центровая оправка
27	Шлифовать внутренний конус в размер и торец A	То же	Патрон кулачковый, люнет неподвижный, приспособление для шлифования

245. Технологический маршрут обработки тяжелых валов 2-го класса точности диаметром 200—500 мм, длиной до 2 м

		Наименование детали — ступенчатый вал	
		Материал — сталь 30	
		Заготовка — поковка	
		Термообработка: нет	
№ операции	Наименование операции	Оборудование	Приспособления
1	Отрезать заготовку	Дисковая пила	Тиски
2	Разметить центровые гнезда	Плита	Призмы, угольник
3	Зацентрировать	Электродрель	Призмы
4	Обточить начерно D , D_1 и D_2	Токарный станок	Патрон трехкулачковый, центр
5	Обточить начерно D_3 , D_4 и D_5	То же	То же
6	Обточить получисто D , D_1 , D_2	"	"
7	Обточить получисто D_3 , D_4 , D_5	"	"
8	Обточить с припуском под шлифование D_1 ; начисто D и D_2	"	"
9	Прорезать канавки и снять фаски	"	"
10	Обточить с припуском под шлифование D_5 и начисто D_3 и D_4 ; прорезать канавки и снять фаски	"	"
11	Исправить и проверить центровые гнезда	"	Патрон трехкулачковый, лонет
12	Разметить шпоночные пазы на D_1 и D_6	Плита	Призма
13	Шлифовать в размер D_1	Круглошлифовальный станок	Центры, хомутик
14	Шлифовать в размер D	То же	То же
15	Зачистить заусенцы и снять фаски в шпоночном пазу	"	"

Изготовление ходовых винтов

Винты, не подвергающиеся термообработке на высокую твердость, изготавливаются:

- а) из стали, содержащей 0,4—0,5% С и 0,15—0,5% Pb;
- б) из холодногнущей стали марки А40;
- в) из среднеуглеродистой стали марок 45 и 50.

Винты для прецизионных станков рекомендуется изготавливать из инструментальной углеродистой стали марок У10 — У12.

Винты, подвергающиеся термообработке, рекомендуется изготавливать:

- а) из стали марок ХВГ или ХГ при требуемой твердости $R_C = 50 \div 56$;
- б) из стали 65Г при требуемой твердости $R_C = 35 \div 45$.

Гайки ходовых винтов изготавливаются для винтов 0-го, 1-го и 2-го классов точности из оловянистой бронзы марки Бр. ОФ 10-05 и Бр. ОПС 6-6-3 и для винтов 3-го и 4-го классов из антифрикционного чугуна.

246. Допуски на изготовление ходовых винтов по шагу

Класс точности	В пределах одного шага в мм	Наибольшая накопленная ошибка шага в мм на длине в мм				
		25	100	300	На каждые следующие 300 мм длины добавляется мм	На всей длине винта добавляется мм
0-й	± 2	2	3	5	2	10
1-й	± 3	5	6	9	3	20
2-й	± 6	9	12	18	5	40
3-й	± 12	18	25	35	10	80
4-й	± 25	35	50	70	20	150

Допуски на размеры наружного, среднего и внутреннего диаметров резьбы винтов и гаек устанавливаются не более соответствующих допусков трапециoidalной резьбы (ОСТ 2409-2411) для винтов степени точности А и для гаек М (ОСТ ВКС 7714).

В случае разрезной гайки допуски по наружному и внутреннему диаметру резьбы назначаются большими на 0,5 мм предусмотренных ОСТ 2409-2411.

Когда внутренний диаметр служит технологической базой, его размер должен

247. Допускаемые отклонения по овальности среднего диаметра ходового винта D_{cp} в мм

Класс точности	Величины шагов в мм		
	3—5	6—10	12—20
0-й	3	3	5
1-й	5	5	7
2-й	7	8	10
3-й	10	12	15
4-й	15	18	20

быть выполнен по посадкам; для гаек к винтам 0-го, 1-го и 2-го классов А₁; для гаек к винтам 3-го класса А, для гаек к винтам 4-го класса А_{2а}.

248. Допускаемые отклонения угла профиля резьбы винтов

Класс точности	Величины шагов в мм		
	3—5	6—10	12—20
Допускаемые отклонения для угла профиля в мин.			
0-й	12	10	8
1-й	15	12	10
2-й	20	18	15
3-й	30	25	20
4-й			

249. Допускаемые биения наружного диаметра ходовых винтов в мм

Класс точности	Длина винта в м			
	до 1	св. 1 до 2	св. 2 до 4	св. 4 до 6
0-й	20	40	—	—
1-й	40	60	—	—
2-й	80	100	150	200
3-й	120	150	200	300
4-й	200	250	300	—

Заготовка для ходовых винтов 0-го и 1-го классов точности не должна иметь изогнутость, превышающую $\frac{2}{3}$ допуска,

250. Чистота обработки поверхностей резьбы ходовых винтов

Класс точности	Наружный диаметр		Стороны профиля	
	Класс чистоты	$H_{СК}$ в мк	Класс чистоты	$H_{СК}$ в мк
0-й	8-й	0,8	9-й	0,4
1-й	8-й	0,8	8-й	0,8
2-й	8-й	0,8	7-й	1,6
3-й	7-й	1,6	6-й	3,2
4-й	6-й	3,2	6-й	3,2

установленного для черновой операции. Правка заготовки для винтов указанных классов точности запрещается. Изогнутость заготовки ликвидируется механической обработкой путем соответствующей центровки, исправлением центров и перецентровки.

251. Допускаемые отклонения среднего диаметра гаек в мк

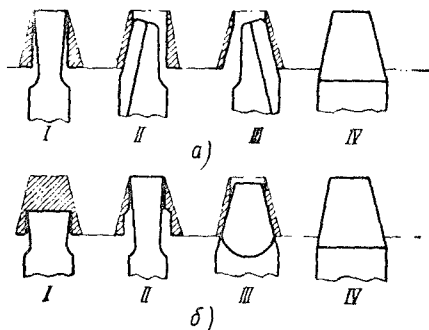
Класс точности	Величины шагов в мм		
	3—5	6—10	12—20
0-й	50	60	70
1-й	55	65	75
2-й	65	75	85
3-й	85	100	120
4-й	100	120	150

Предварительные операции обработки ходового винта могут выполняться на обычном оборудовании. Для нарезания резьбы, в особенности винтов 0-го и 1-го классов точности, необходимо иметь специальные резьбонарезные токарные станки.

На фиг. 186, а показана последовательность переходов, обычно применяющаяся при нарезании резьбы на винтах 0-го

и 1-го классов точности: I — прорезание резьбы до внутреннего диаметра и зачистка его (ширина резца равна ширине основания канавки), II — развалка левой стороны резьбы (резец односторонний, с прямым передним углом для создания отрицательного угла резания, припуск на отделку 0,1—0,3 мм), III — то же правой стороны нарезки; IV — отделка резьбы доведенным по шаблону резцом.

На фиг. 186, б приведен другой вариант последовательности нарезания резьбы у винтов: I — прорезание до среднего диаметра (резец имеет ширину на 0,3—0,4 мм меньше, чем ширина канавки резьбы в этом месте); II — прорезание резьбы



Фиг. 186. Последовательность переходов при нарезании ходовых винтов с трапецидальной резьбой: а — первый вариант; б — второй вариант.

до внутреннего диаметра с занижением его на 0,05—0,1 мм; ширина резца должна быть на 0,1—0,2 мм больше размера основания канавки, III — развалка боковых сторон резьбы (резец должен быть снабжен канавкой, создающей хорошие условия резания с обеих сторон), припуск на отделку 0,1—0,2 мм на сторону, IV — отделка резьбы профильным доведенным по шаблону резцом.

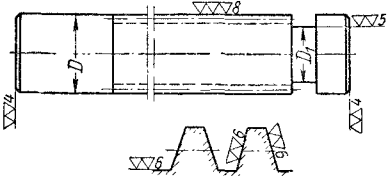
Режимы резания и число проходов при нарезании ходовых винтов см. выше в разделе «Режимы резания», стр. 210.

Охлаждение режущего инструмента при нарезке ходовых винтов следует производить 20%-ной эмульсией или хромпиком.

Между операциями ходовые винты должны храниться в вертикальном положении (лучше подвешенными).

Контроль ходовых винтов производится в лаборатории и в процессе их изготовления непосредственно на станке.

252. Технологический маршрут обработки ходовых винтов 2-го класса точности диаметром 30—70 мм, длиной до 2500 мм

			
Наименование детали — <i>ходовой винт</i>			
Обозначение типовой детали 4-2-1			
Материал — <i>сталь А40</i>			
Заготовка — <i>пруток</i>			
Термообработка: <i>нет</i>			
№ операции	Наименование операции	Оборудование	Приспособления
1	Отрезать заготовку и обработать	Механическая ножовка или пила для резки металла	Тиски
2	Клеить заготовку и образец одним номером для проведения химического анализа на состав стали	—	—
3	Зацентрировать заготовку с двух сторон	Токарный станок	Патрон трехкулачковый, люнет неподвижный
4	Править заготовку	То же	Центры, приспособление для правки
5	Обточить начерно D с одной стороны	—	Патрон трехкулачковый, люнет неподвижный
6	Обточить начерно D с другой стороны	—	То же
7	Править заготовку	—	Центры, приспособление для правки
8	Обточить полукругом D с одной стороны	Токарный станок	Патрон трехкулачковый, люнет, подвижной и неподвижный
9	Обточить полукругом D с другой стороны и начисто D_1	То же	Хомуты, центры, люнет неподвижный
10	Шлифовать начерно D с одной стороны	Круглошлифовальный станок	То же
11	Шлифовать начерно D с другой стороны	То же	—
12	Нарезать резьбу начерно	Токарно-винторезный станок	Патрон трехкулачковый, люнет подвижной и неподвижный
13	Править	Токарный станок	Центры, приспособление для правки
14	Старение	—	—
15	Править	Токарный станок	Центры, приспособление для правки
16	Подрезать торцы и зацентрировать их (по наименьшему биению)	То же	Патрон трехкулачковый, люнет неподвижный
17	Шлифовать начерно D с одной стороны	Круглошлифовальный станок	Центры, хомуты, люнет
18	Шлифовать начерно D с другой стороны	То же	То же
19	Нарезать резьбу начерно и прорезать канавки начисто	Токарно-винторезный станок	Патрон трехкулачковый, люнет подвижной и неподвижный
20	Править	Токарный станок	Центры, приспособление для правки
21	Старение	—	—
22	Проверить на биение	Токарный станок	Центры
23	Исправить центровые гнезда (по наименьшему биению)	То же	Патрон трехкулачковый, люнет неподвижный, приспособление для шлифования
24	Шлифовать начисто D в размер с одной стороны	Круглошлифовальный станок	Центры, хомуты, люнет неподвижный

Продолжение табл. 252

№ операции	Наименование операции	Оборудование	Приспособления
25	Шлифовать начисто D в размер с другой стороны	Круглошлифовальный станок	Центры, хомутик, люнет неподвижный
26	Нарезать резьбу начисто в размер	Токарно-винторезный станок	Патрон трехкулачковый, люнет неподвижный и подвижной
27	Проверить все размеры и составить паспорт	—	—

Примечания: 1. Зацентровку торцов на всех операциях производить по наименьшему биению заготовки. При биении заготовки больше 0,5 мм она на дальнейшие операции не допускается.

2. Режимы для операции старения те же, что при обработке ходового винта 1-го класса точности.

3. Твердость заготовки должна находиться в пределах $H_B = 10$.

4. При отсутствии круглошлифовального станка операции 8, 9, 15, 16, 22 и 23 выполняются на токарном станке.

5. Перед выполнением операций 10, 17 и 24 необходимо проверить на точность токарно-винторезный станок по всем элементам.

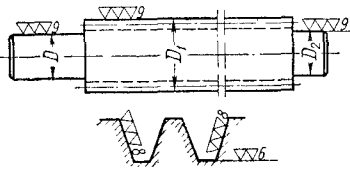
6. На операциях 8, 9, 15 и 16 размеры выполнять с допуском по 3-му классу точности

7. На операциях 22 и 23 размеры выполнять с допуском по 2-му классу точности.

8. При выполнении чистовых операций необходимо наличие стабильности температуры в помещении, где происходит обработка ходовых винтов.

9. Для выполнения всех операций режимы резания должны применяться такие, при которых не происходит нагрев детали.

253. Технологический маршрут обработки ходовых винтов 1-го класса точности диаметром 30—50 мм, длиной до 1000 мм

		Наименование детали — <i>ходовой винт</i>	
		Материал — <i>сталь ХВГ</i>	
		Заготовка — <i>пруток</i>	
		Термообработка — <i>калить</i>	
№ операции	Наименование операции	Оборудование	Приспособления
1	Отрезать заготовку	Механическая ножовка или пила для резки металла	Тиски
2	Отжиг	—	—
3	Подрезать торцы и зацентровать	Токарный станок	Патрон трехкулачковый
4	Обточить начерно D_1 и D	То же	Центры, хомутик, люнет
5	Обточить начерно D_2	"	То же
6	Отжиг	—	—
7	Подрезать торцы и зацентровать	Токарный станок	Патрон трехкулачковый, люнет неподвижный
8	Обточить получисто D_1 и D_2	То же	Центры, хомутик, люнет подвижной и неподвижный
9	Обточить получисто D_3	"	Патрон трехкулачковый, люнет неподвижный
10	Зачистить заусенцы и клеймить	Верстак	Клейма
11	Закалить, отпуск, старение	—	—

Продолжение табл. 253

№ операции	Наименование операции	Оборудование	Приспособления
12	Исправить центры с двух сторон	Токарный станок	Патрон трехкулачковый, люнет, приспособление для шлифования
13	Шлифовать начерно D_1 и D	Круглошлифовальный станок	Центры, хомутик, люнет неподвижный
14	Шлифовать начерно D_2	То же	То же
15	Шлифовать начерно резьбы	Резьбошлифовальный станок	Центры, хомутики
16	Заправить заходы	То же	То же
17	Старение	—	—
18	Проверить на твердость и биение	Пресс Роквелла, токарный станок	Призма, центры
19	Исправить центры с двух сторон	Токарный станок	Патрон трехкулачковый, люнет, приспособление для шлифования
20	Шлифовать получисто D_1 и D	Круглошлифовальный станок	Центры, хомутик, люнет неподвижный
21	Шлифовать получисто D_2	То же	То же
22	Шлифовать резьбу предварительно	Резьбошлифовальный станок	Центры, хомутик, люнет
23	Старение	—	—
24	Исправить центры	Токарный станок	Патрон трехкулачковый, люнет, приспособление для шлифования
25	Шлифовать в размер D_1 и D_2	Круглошлифовальный станок	Центры, хомутик, люнет неподвижный
26	Шлифовать в размер D_2	Круглошлифовальный станок	Центры, хомутик, люнет неподвижный
27	Шлифовать резьбу начисто в размер	Резьбошлифовальный станок	То же
28	Шлифовать фаски на вершинах витков	То же	"
29	Довести резьбу по гайке	Токарный станок	Доводки
30	Довести шейки	То же	"
31	Проверить винт и составить паспорт	—	—

Примечания: 1. Правка заготовки на всех операциях не допускается.
 2. Старение производится естественное. Режим старения: 10—12 дней при подвешенной в вертикальном положении заготовке.
 3. Режимы резания при выполнении всех операций устанавливать минимальные.
 4. При выполнении чистовых операций необходима стабильность температуры в помещении, где обрабатывается вал.
 5. Перед выполнением операций 15, 22 и 27 станок должен быть проверен на точность по всем элементам.

Обработка зубчатых колес

В качестве заготовки для изготовления зубчатых колес до диаметра 150 мм рекомендуется прокат, а свыше 150 мм — поковка, выполненная свободной ковкой.

При изготовлении зубчатых колес 1-го класса точности проводится черновая обработка всех поверхностей, после которой колесо подвергается нормализации для снятия напряжений, возникающих после черновой обработки.

На токарной или револьверной операции у зубчатых колес с соотношением

$\frac{l}{d} \leq 0,8$ производится обработка отвер-

стия, торца и частично наружной поверхности. При обработке указанных поверх-

ностей необходимо, чтобы биение торца по отношению к отверстию было не более 0,03 мм для зубчатых колес 1-го класса точности и не более 0,05 мм для зубчатых колес 2-го класса.

Обработка отверстий во всех зубчатых колесах независимо от того, проходят ли они в дальнейшем термообработку, производится с допуском по 2-му классу точности. Все остальные поверхности обрабатываются на оправке в центрах. Биение наружной поверхности венцов по отношению к отверстию у зубчатых колес 2-го класса точности не должно превышать 0,03 мм.

При отношении $\frac{l}{d} \leq 0,8$ обработка всех внутренних и наружных поверхно-

стей производится в патроне. При обработке внутреннего отверстия и торца частично обрабатывается наружная поверхность с целью создания базы для дальнейшей обработки. Биение торцов и наружной поверхности не должно превышать биения, получающегося в случае обработки на оправке.

Более высокое качество нарезки зубьев достигается при обработке на зубофрезерных станках.

Правильность установки заготовки на зубофрезерном станке перед ее нарезанием проверяется по биению наружного диаметра и торцов. Биение указанных поверхностей должно быть в 2—3 раза меньше заданных в чертеже.

Шевингование зубчатых колес применяется для колес 2-го и 1-го классов точности, если последние термически не обрабатываются. При шевинговании исправляются биение основной окружности, погрешности основного шага, профиль зуба, направление зуба и суммарная ошибка. Зубчатые колеса, подвергающиеся шевингованию, должны быть изготовлены по 2—3-му классам точности.

При отсутствии шевинговального станка фрезерование зубьев колес 2-го класса производят на точном зубофрезерном станке, применяя низкие режимы резания.

Шевингование может выполняться на универсально-фрезерном станке, при этом шевер закрепляют на оправке во фрезерном шпинделе, а обрабатываемое колесо получает вращение от шевера.

Зубошлифование применяется для зубчатых колес 0-го и 1-го классов точности и производится двумя методами: копированием и обкаткой.

Для зубчатых колес с отношением $\frac{l}{d} \leq 0,8$ большое значение имеет биение торцов, которое должно быть в пределах 0,02—0,03 мм.

Оправка, на которой шлифуется колесо при установке в центры станка, не должна иметь биение больше 0,005 мм.

Шлифование зубьев производят с охлаждающей жидкостью (мыльной водой), кругом зернистостью 60—120 на керамической связке и твердостью СМ и СМ1.

Шлифование отверстия у зубчатых колес является ответственной операцией, особенно для колес 2-го и 3-го классов точности, у которых после нее зубья не подвергаются обработке, не считая обкатки, не обеспечивающей существенного повышения их точности.

При шлифовании отверстий базирование зубчатого колеса должно производиться по делительной окружности. В практике машиностроения применяется ряд конструкций патронов для шлифования отверстий зубчатых колес с базированием по делительной окружности: цанговые, трехкулачковые с клиновидными кулачками, рычажные с тремя рейками, эксцентрикковые с разрезным конусным кольцом или мерным кольцом, приспособления с эталонным зубчатым колесом (типа ГЗФС), с четырьмя центрирующими зубчатыми колесами.

Наибольшее распространение из указанных приспособлений имеют патроны трехкулачковые с клиновидными кулачками, которые обеспечивают точность до 0,04 мм. Для установки зубчатых колес при шлифовании отверстия применяют также трехкулачковые патроны в сочетании с роликами. Ролики гибкими связями прикрепляются к обойме, которая накладывается на зубчатое колесо при зажиме деталей. Таким образом ролики опираются на поверхность зубьев по делительной окружности.

Этот способ является наиболее доступным, но не обеспечивает высокой точности из-за неточностей, присущих трехкулачковым патронам.

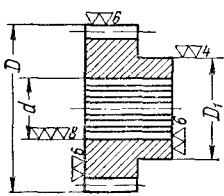
Наиболее широкое применение в индивидуальном производстве и ремонтном деле имеет установка зубчатых колес при шлифовании отверстия в четырехкулачковом патроне с выверкой на биение по индикатору при помощи роликов, вкладываемых во впадины зубьев.

Закругление торцов зубьев производится на специальных станках двумя способами: концевой фрезой (конической) или профильной и пустотелой фрезой с внутренним конусом.

Зубья шестерен с модулем до 3 закругляются за один проход, а при $m = 3 \div 4$ мм — за два прохода и при $m > 4$ мм — с трех или более проходов. С целью облегчения закругления зубьев при токарной обработке снимают фаску с углом 10—15°. Закругление зубьев следует производить с охлаждением эмульсией. При отсутствии зубозакругляющего станка закругление торцов зубьев возможно производить на зубофрезерном станке червячной фрезой или на универсальном фрезерном станке при помощи специальных приспособлений*.

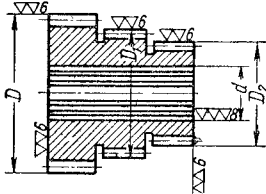
* О зубозакруглении см. в разделе «Инструмент для обработки металлов резанием», стр. 192.

254. Технологический маршрут обработки зубчатых колес 1-го класса точности диаметром 25—200 мм

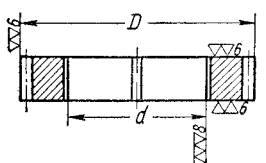
		Наименование деталей — <i>одношлицевая шестерня со ступицей</i>	
		Материал — <i>сталь 40Х</i>	
		Заготовка — <i>пруток</i>	
		Термообработка — <i>нормализация, закалка, отпуск, старение</i>	
№ операции	Наименование операции	Оборудование	Приспособления
1	Отрезать заготовку	Механическая ножовка или пила для резки металла	Тиски
2	Обточить начерно D_1 ; сверлить отверстия d и подрезать торцы ступицы и венца D начерно	Токарный станок	Патрон трехкулачковый
3	Обточить начерно D , подрезать торец и снять фаски	То же	То же
4	Нормализация	—	—
5	Подрезать большой торец венца D , расточить отверстие d с припуском под шлифование	Токарный станок	Патрон трехкулачковый
6	Протянуть шлицы	Протяжной станок	—
7	Обточить в размер D , D_1 ; подрезать торцы венца D и ступицы D_1 и снять фаски	Токарный станок	Оправка центровая, центры, хомутик
8	Снять заусенцы	Верстак	Тиски
9	Нарезать зубья начерно	Зубофрезерный станок	Оправка центровая, центры, хомутик
10	Закруглять торцы зубьев	Зубозакругляющий станок	Оправка центровая
11	Старение	—	—
12	Нарезать зубья с припуском под шлифование	Зубофрезерный станок	Оправка центровая, центры, хомутик
13	Снять заусенцы	Верстак	Тиски
14	Калить и отпустить	—	—
15	Шлифовать в размер отверстие d и как чисто торец	Внутришлифовальный станок	Патрон трехкулачковый, 3 калибровые проволоки
16	Шлифовать начерно зубья	Зубошлифовальный станок	Оправка центровая, центры, хомутик
17	Искусственное старение	—	—
18	Шлифовать зубья в размер	Зубошлифовальный станок	Оправка центровая, центры, хомутик
19	Проверить все элементы шестерни и составить паспорт	—	—

Примечания: 1. Операция 1 производится, если наружный размер заготовки больше размера внутреннего отверстия шпинделя станка.
 2. При обработке одноступенчатых шестерен 2-го класса операций 3, 4, 12, 16, 17 и 18 не выполняются. Операция 9 выполняется с припуском под шевингование зубьев. Взамен операций 16, 17 и 18 проводится обкатывание зубьев.
 3. Перед выполнением операций 16 и 18 необходимо проверить на точность зубошлифовальный станок по всем элементам.
 4. При выполнении операций 16 и 18 необходимо наличие стабильности температуры в помещении, где будет происходить обработка цилиндрической шестерни.
 5. При выполнении всех операций режимы резания устанавливать минимальные.

255. Технологический маршрут обработки зубчатых колес 2-го класса точности
диаметром 50—150 мм

		Наименование детали — <i>многовенцовая шестерня</i>	
		Материал — <i>сталь 40X</i>	
		Заготовка — <i>пруток</i>	
		Термообработка — <i>калить</i>	
№ операции	Наименование операции	Оборудование	Приспособления
1	Отрезать заготовку	Механическая ножовка или пила для резки металла	Тиски
2	Подрезать торец венца D_2 ; точить начерно D_2 , D_1 ; прорезать канавки и сверлить отверстия d	Токарный станок	Патрон трехкулачковый
3	Подрезать торец венца D как чисто; растачивание отверстия d ; снятие фаски и развертывание его с припуском под шлифование. Точение начерно D	То же	То же
4	Протянуть шлицы	Протяжной станок	Протяжка
5	Обточить в размер D , D_1 , D_2 ; прорезать канавки; подрезать торец венца D_2 и снять фаски	Токарный станок	Центровая шлифовая оправка
6	Нарезать зубья на венцах D , D_1 и D_2	Зубодолбежный станок	Оправка
7	Закруглить зубья	Зубозакругляющий станок	"
8	Шевинговать зубья на венцах D , D_1 и D_2	Токарный станок	"
9	Снять заусенцы	Верстак	Тиски
10	Калить и отпустить	—	—
11	Шлифовать отверстия d	Внутришлифовальный станок	Патрон трехкулачковый, 3 калиброванные проволочки
12	Обкатать зубья	Токарный станок	Оправка, приспособление
<p>Примечания. 1. Шестерни 3-го и 4-го классов не шевинговуются. 2. При выполнении операции 11 зажим шестерен производят по среднему диаметру венца тремя калиброванными проволочками. Выверка по среднему диаметру венца в пределах биепия, установленного техническими условиями.</p>			

256. Технологический маршрут обработки зубчатых колес диаметром 150—300 мм

		Наименование детали — <i>венцовая шестерня</i>	
		Материал — <i>сталь 40X</i>	
		Заготовка — <i>поковка</i>	
		Термообработка — <i>калить</i>	
№ операции	Наименование операции	Оборудование	Приспособления
1	Подрезать торец, расточить отверстия D начерно и снять фаски	Токарный станок	Патрон трехкулачковый
2	Подрезать торец, точить D начерно и снять фаски	То же	То же

Продолжение табл. 256

№ операции	Наименование операции	Оборудование	Приспособления
3	Нормализация заготовок	Токарный станок	Патрон трехкулачковый
4	Подрезать начисто торец, расточить отверстия D с припуском под шлифование и снять фаски	То же	То же
5	Подрезать начисто торец; точить в размер D и снять фаски	То же	То же
6	Разметить полукруглые канавки для заклепок	Плита	Призма
7	Долбить полукруглые канавки	Поперечно-строгальный станок	Тиски
8	Нарезать зубья	Зубофрезерный станок, токарный станок	Оправка, хомутик, приспособление
9	Снять заусенцы	Верстак	Тиски
10	Закалка	—	—
11	Шлифовать в размер отверстия	Внутршлифовальный станок	Патрон трехкулачковый, 3 калиброванные проволочки
12	Обкатать зубья	Токарный станок	Оправка, хомутик, приспособление

Примечания: 1. Зажим изделия в операциях 1, 2, 4 и 5 производить после расточки кулачков.

2. При выполнении операции 1 и 4 зажим изделия производить за наружную поверхность D .

3. При выполнении операций 2 и 5 зажим изделия производить по отверстию d .

4. Размер отверстия шестерни на операции 4 изготовить по 2-му классу.

5. Шестерни 3-го, 4-го класса и т. д. не шевингуются.

6. При выполнении операции 12 зажим шестерни производить по среднему диаметру (трем калиброванными проволочками) с прижимом ее к торцу патрона.

Обработка червячных колес и червяков

Нарезание зубьев червячной шестерни производится на зубофрезерных станках следующими способами: радиальной подачей, тангенциальной подачей и комбинированной нарезкой.

Нарезка радиальной подачей осуществляется червячной фрезой, у которой размеры и профиль соответствуют червяку.

Основным недостатком этого способа является искажение профиля зубьев червячной шестерни вследствие подрезки их боковых поверхностей, происходящих из-за несоответствия углов подъема винтовых линий на наружной окружности инструмента и будущего профиля червячного колеса. В связи с этим применение способа радиальной подачи не рекомендуется для чистовой или отделочной обработки при углах подъема более $6-8^\circ$.

Нарезание червячных колес способом тангенциальной подачи производится червячной фрезой с заходным конусом или летучим резцом. При нарезании фрезой коническая часть фрезы осуществляет врезание и в то же время производит чер-

новую нарезку, а цилиндрическая часть обеспечивает чистовую обработку — профилирование.

В условиях мелкосерийного и единичного производства наиболее широкое применение имеет нарезание червячных колес резцами-летучками. Хотя производительность при нарезании летучими резцами ниже, чем червячными фрезами, однако во многих случаях применение этого способа нарезки оказывается выгодным, так как позволяет отказаться от изготовления сложных и дорогих фрез.

Резец устанавливается в оправке так, чтобы его режущие кромки находились в нормальном сечении червяка, т. е. в плоскости, перпендикулярной к направлению средней винтовой линии. Профили режущих кромок резца-летучки должны строго соответствовать профилю витка червяка в нормальном сечении.

Изготовление червячных колес, сцепляющихся с многозаходными червяками, производится:

а) путем деления по заходам (для этого разьезжают кинематическую цепь, связывающую нарезаемое колесо и шпиндель зубофрезерного станка, и перемещают резец-летучку на один шаг или провер-

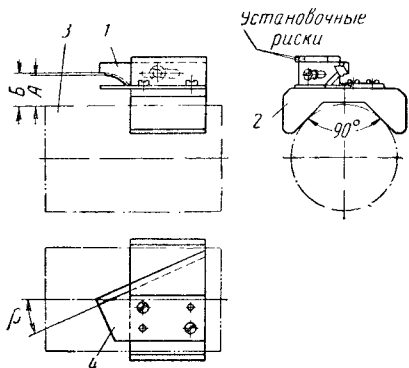
тывают заготовку на угол, соответствующий одному шагу);

б) без деления по заходам, если числа заходов червяка и зубьев червячного колеса не имеют общего множителя, например,

$$\frac{z_1}{z_2} = \frac{6}{25}; \quad \frac{z_1}{z_2} = \frac{5}{23} \text{ и т. д.}$$

В таких случаях после каждого оборота колеса резец-летучка начинает обрабатывать впадины другого захода, и необходимость в делении по заходам отпадает.

На оправке могут устанавливаться два резца: черновой и чистовой. Резцы устанавливаются по нормальному сечению червяка и по высоте с помощью установочной рамки (фиг. 187).



Фиг. 187. Рамка для установки резцов летучек: 1 — шаблон для установки резца по высоте; 2 — призма; 3 — оправка; 4 — шаблон для установки резца на угол подъема.

Черновые и чистовые резцы устанавливаются на расстоянии, кратном осевому шагу, или располагаются по винтовой линии одного захода.

Настройка делительной цепи производится для случая применения червячных фрез, работающих с тангенциальной подачей.

Изготовление резцов-летучек выполняется по эталонному шаблону и контршаблону профиля двумя способами: лекальной доводкой и механическим путем. При ручной доводке лекальными способами базой для контршаблона служит цилиндрическая часть резца. Заточка чистовых резцов производится по всему контуру с последующей доводкой профиля по контршаблону. Резцы-летучки изготовляются из стали Р18 твердостью $R_C = 62 \div 65$.

Изготовление резцов-летучек механическим путем осуществляется шлифова-

нием резцов, укрепленных на оправках. Шлифование может производиться на червячношлифовальном станке или специальным шлифовальным приспособлением на токарном станке с точным ходовым винтом, причем настройка станка на размер и установка шлифовального круга должны быть такими же, как и для шлифования червяков *.

Червячные колеса, нарезанные способом осевой подачи, имеют правильный профиль зубьев, высокую точность и хорошую чистоту поверхности зубьев.

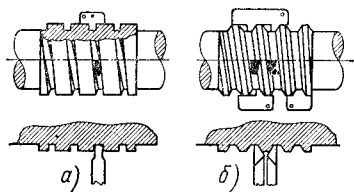
Комбинированный способ нарезания червячных колес заключается в том, что используются ранее рассмотренные два метода с целью достижения наиболее экономичного эффекта. Нарезка червячных колес при этом осуществляется при черновой нарезке радиальной подачей и при чистовой нарезке тангенциальной подачей.

Нарезка червяков может быть осуществлена: резцами, специальной дисковой фрезой или червячной фрезой.

При нарезании червяков резцами должны соблюдаться следующие основные условия:

1) профиль резца должен соответствовать очертанию одного из зубьев рейки, полученной в определенном сечении червяка;

2) профиль резца при нарезке должен быть совмещен с плоскостью сечения червяка, где была получена рейка, по форме зуба которой построил профиль резца.



Фиг. 188. Схема нарезания архимедова червяка: а — предварительная прорезка; б — окончательное нарезание.

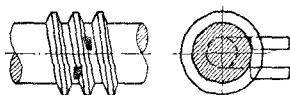
На фиг. 188, 189 и 190 показаны схемы обработки архимедова, эвольвентного и конволютного червяков.

Фрезерование червяков дисковой фрезой производится на специальных червячнофрезерных станках. Нарезка червяков дисковой фрезой отличается более высокой производительностью по сравне-

* О применении и изготовлении резцов-летучек см. в разделе «Инструмент для обработки металлов резанием», стр. 185.

нию с нарезанием резцами, но не обеспечивает высокой точности профиля нарезаемого червяка.

Нарезание червяков червячной фрезой обеспечивает наиболее высокую производительность. Основными недостатками



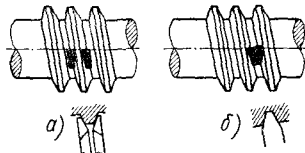
Фиг. 189. Схема нарезания эвольвентного червяка.

этого способа нарезания червяков являются сложность изготовления инструмента и искажение профиля нарезаемого червяка. В связи с этим данный метод нашел широкое применение в основном для черновой обработки червяков.

Отделка червяков производится: полированием, шлифованием или притиркой.

Для полирования применяется мелкий абразив с маслом. Полирование обычно осуществляется на токарных станках. Шлифование обеспечивает более высокую точность червяков.

Для увеличения износостойкости быстроходные червяки после шлифования подвергаются дополнительной отделке при



Фиг. 190. Схемы нарезания конволютного червяка резцами: а — одной стороны; б — обеих сторон одновременно.

помощи притирки. Притиры изготавливаются из чугуна или бука. Притирочной массой служит аллундовый порошок с маслом.

257. Технологический маршрут обработки червячных колес 0-го и 1-го классов точности
диаметром 150—600 мм

		Наименование детали — червячная венцовая шестерня	
		Материал — чугун СЧЦ2	
		Заготовка — отливка	
		Термообработка — старение	
№ операции	Наименование операции	Оборудование	Приспособления
1	Обрубить и очистить заготовку	—	—
2	Обточить начерно по наружному диаметру D ; расточить начерно отверстия d и D_2 , подрезать торцы A и B и снять фаску	Токарный станок	Патрон
3	Подрезать начерно торцы B и C ; расточить D_3 и снять фаску	Карусельный станок	Кулачки
4	Искусственное старение	—	—
5	Расточить полуцисто d и D_3 ; снять фаски и подрезать торцы A и B	Карусельный станок	Кулачки
6	Обточить полуцисто C ; подрезать торцы B и C , расточить D_2 ; снять фаску на D	" "	"

Продолжение табл. 257

№ операции	Наименование операции	Оборудование	Приспособления
7	Фрезеровать начерно зубья	Зубофрезерный станок	Оправка, втулка, хомутик
8	Искусственное старение	—	—
9	Подрезать начисто торцы <i>A</i> и <i>B</i>	Токарный или карусельный станок	Патрон или кулачки
10	Расточить начисто <i>D</i> ₂ ; подрезать торец <i>Г</i> и снять фаску	То же	То же
11	Обточить начисто <i>D</i> , подрезать торец <i>A</i> и снять фаску	"	"
12	Разметить отверстия на торце <i>B</i>	Плита	Призма
13	Сверлить отверстия, снять фаски	Сверлильный станок	Планки
14	Фрезеровать начерно зубья	Зубофрезерный станок	Оправка, центры, хомутик
15	Собрать делительное колесо со всеми сопрягаемыми деталями и выверить его	Верстак, плита	—
16	Фрезеровать начисто зубья	Зубофрезерный станок	Планки, болты
17	Проверить биение по зубьям шестерни	Плита	—
18	Опилить фаски по профилю зубьев с двух сторон	"	—

Примечания: 1. При выполнении операций 4 и 8 рекомендуются следующие режимы: нагрев детали до 450—500° С; выдержка при указанной температуре 6—8 час.; медленное охлаждение вместе с печью.

2. При выполнении операций 10 и 11 необходимо перед установкой детали произвести проверку резцом планшайбы для получения более точной плоскостности.

3. При выполнении операции 15 необходимо следить за точностью сопряжения всех деталей и обеспечением технических условий.

4. Перед выполнением операции 16 необходимо проверить на точность зубофрезерный станок.

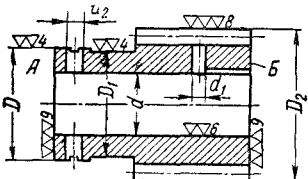
5. Твердость отливки делительного колеса должна находиться в пределах $H_B = 155 \div 175$.

6. При выполнении операций 10, 11, 14 и 16 проверку установки диаметрального колеса производить по микронному индикатору.

7. При выполнении чистовых операций необходимо наличие стабильной температуры в помещении, где будет происходить обработка делительного колеса.

8. При выполнении всех операций режимы резания устанавливать минимальными, чтобы в процессе резания не производить нагрев детали.

258. Технологический маршрут обработки делительного червяка первого класса точности

		Наименование детали — делительный червяк	
		Обозначение типовой детали 13-1-1	
		Материал — чугун СЧЦ2	
		Заготовка — отливка	
		Термообработка — старение	
№ операции	Наименование операции	Оборудование	Приспособления
1	Центровать один торец	Сверлильный станок	Тиски
2	Обточить начерно и отрезать заготовку	Токарный станок	Патрон трехкулачковый
3	Подрезать начерно торец <i>A</i> ; точить начерно; проверка <i>D</i> , <i>D</i> ₁ и <i>D</i> ₂ ; сверлить и расточить начерно отверстие <i>d</i>	То же	То же
4	Подрезать начерно торец <i>B</i> и снять фаску	"	"
5	Искусственное старение	—	—

Продолжение табл. 258

№ операции	Наименование операции	Оборудование	Приспособления
6	Расточить отверстие d под шлифование	Токарный станок	Патрон трехкулачковый
7	Обточить D , D_1 и D_2 с припуском под шлифование. Подрезать торцы в размер	То же	Центровая оправка
8	Снять фаски в отверстии d с двух сторон	"	Патрон трехкулачковый
9	Нарезать резьбу червяка под шлифование	Токарный станок	Центровая оправка
10	Опиливать заходы резьбы и зачистить заусенцы	Верстак	Тиски
11	Разметить отверстие D_1 во впадине резьбы и шпоночный паз	Плита	Призма
12	Сверлить отверстие D_1	Сверлильный станок	Тиски
13	Строгать или долбить шпоночный паз	Поперечно-строгальный станок	Тиски
14	Искусственное старение	—	—
15	Шлифовать отверстие d в размер и торцы как чисто	Внутришлифовальный станок	Патрон трехкулачковый
16	Подогнать шпонку и собрать червяк с валом	Верстак	—
17	Разметить отверстие d_2	Плита	Призма
18	Сверлить отверстие D_2 совместно с валом и развернуть его	Сверлильный станок	Тиски
19	Закрепить штифт	Верстак	—
20	Шлифовать начерно все посадочные места на валу и на делительном червяке наружный диаметр D_2	Круглошлифовальный станок	Центры, хомутик
21	Шлифовать предварительно профиль резьбы	Червячношлифовальный станок или точный токарный станок	Центры, хомутик, приспособление для шлифования червяков
22	Естественное старение	—	—
23	Исправление центров	Токарный станок	Патрон трехкулачковый, люнет
24	Шлифовать начисто в размер все посадочные места на валу и D_2 на червяке	Круглошлифовальный станок	Центры, хомутик
25	Шлифовать начисто профиль резьбы червяка	Червячношлифовальный станок	То же
26	Шлифовать фаски на гребне нитки червяка	Токарный станок	Приспособление для шлифования червяков
27	Утонить нитки червяка на 0,05 мм на участках с двух концов	То же	То же
28	Клеймить одним клеймом и распрессовать червяк с валом	Верстак	Приспособление
29	Полировать профиль нитки делительного червяка	Токарный станок	Оправка, центры, хомутик
30	Собрать червяк с валом	Верстак	Тиски
31	Проверить на точность по техническим условиям	—	—

Примечания: 1. При выполнении операций 5 и 14 рекомендуются следующие режимы: нагрев детали до 450—500° С; выдержка при указанной температуре 6—8 час.; медленное охлаждение вместе с печью.

2. При отсутствии возможности шлифования торца на внутришлифовальном станке последнее произвести на круглошлифовальном станке, на центровой оправке.

3. При отсутствии червячношлифовального станка, операции 24—27 произвести на точном токарном станке.

4. Перед выполнением операций 21, 25, 26 и 27 необходимо проверить на точность червячношлифовальный или токарный станок по всем элементам.

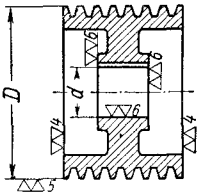
5. Твердость кокильной отливки делительного червяка должна находиться в пределах $H_B = 163 \div 229$.

6. При выполнении чистовых операций необходимо наличие стабильности температуры в помещении, где будет происходить обработка делительного червяка.

7. При выполнении всех операций режимы резания устанавливать минимальные, чтобы в процессе резания не нагревалась деталь.

8. При выполнении операции 22 делительный червяк должен находиться в подвешенном положении в течение 24 час.

259. Технологический маршрут обработки шкивов

		Наименование детали — шкив	
		Материал — чугун	
		Заготовка — отливка	
		Термообработка — нет	
№ операции	Наименование операции	Оборудование	Приспособления
1	Подрезать торец; сверлить и расточить отверстие d ; развернуть в размер; точить по наружному диаметру D (предварительно)	Токарный станок	Патрон трехкулачковый
2	Разметить шпоночный паз	Плита	Домкрат
3	Долбить или строгать шпоночный паз	Поперечнострогольный станок	Тиски
4	Обточить в размер по наружному диаметру D ; прорезать канавки; подрезать торец и снять фаски	Токарный станок	Центровая оправка
5	Разметить отверстия	Плита	Призма
6	Сверлить отверстия	Сверлильный станок	Тиски
7	Балансировать (для устранения дисбаланса сверлить)	То же	Приспособление
8	Снять заусенцы и притупить острые кромки	Верстак	Тиски

260. Диаметры оправок для навивания пружин

Наружный диаметр пружины в мм	Диаметр проволоки в мм																	Допуск на изготовление оправок в мм
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1	1,5	2,0	2,5	3	4	5	6	8	10	
	Диаметр оправок в мм																	
1	0,7	0,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	±0,1
2	1,6	1,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
3	2,4	2,2	2,1	2,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
4	3	3	3	2,9	2,8	2,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	±0,2
5	—	3,3	3,6	3,6	3,6	3,5	3,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
6	—	—	4,4	4,4	4,3	4,2	4,1	3,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
8	—	—	—	6,7	5,9	5,8	5,8	5,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	±0,35
10	—	—	—	—	7,3	7,3	7,3	7,3	7,6	—	—	—	—	—	—	—	—	
12	—	—	—	—	—	9,0	9,0	9,0	8,4	7,7	6,9	—	—	—	—	—	—	
15	—	—	—	—	—	11,8	11,8	11,8	11,0	10,5	9,7	8,8	—	—	—	—	—	
18	—	—	—	—	—	—	—	14,2	13,8	13,4	12,5	11,8	—	—	—	—	—	
20	—	—	—	—	—	—	—	16,1	15,8	15,3	14,4	13,7	—	—	—	—	—	±0,4
22	—	—	—	—	—	—	—	—	17,6	17,0	16,1	15,4	13,5	—	—	—	—	
25	—	—	—	—	—	—	—	—	20,3	19,5	18,7	18,0	16,2	—	—	—	—	
30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	29,1	23,2	22,5	20,8	19,4	17,6	—	—	
35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	27,2	27,1	27,1	25,4	24,2	22,4	18,6	—	
40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	31,3	30,1	29,1	27,4	23,6	19,6	±0,6
45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	35,5	34,6	33,1	31,6	28,0	24,2	

Обработка шкивов и маховиков

Технологический процесс обработки маховиков приведен в табл. 259.

Шкивы, у которых длина ступицы l меньше диаметра внутреннего отверстия шкива d , обрабатываются полностью в патроне.

Шкивы, у которых $l > d$, обрабатываются сначала в патроне и после этого на оправке.

При обработке шкивов для клиновидных ремней канавки сначала прорезают ступенями, затем протачивают профильным резцом.

Изготовление пружин

Длина заготовки подсчитывается по формуле $l = \pi Dn$. Длина оттягиваемого конца, имеющего клиновидную форму, для горячей навивки пружин сжатия подсчитывается по формуле $l_0 = 0,75D$.

Диаметры оправок для навивания пружин подбираются по табл. 260.

Пружины, изготавливаемые из холодно-тянутой, предварительно термически подготовленной проволоки диаметром до 7 мм, подвергаются только отпуску; остальные пружины — закалке и отпуску. Режимы отпуска пружин приведены в табл. 261, режимы термической обработки — в табл. 262, 263.

261. Режим отпуска пружин холодной навивки

Наименование оборудования	Диаметр проволоки в мм	Температура отпуска в °C	Время выдержки в мин.
Нефтяная печь	1,0	400—420	5—10
Масляная ванна	1,0	260	15—20
Соляная	0,5—5,0	300—360	5—8


262. Режимы термической обработки пружин холодной навивки из проволоки диаметром до 7 мм

Марка стали	Максимальная температура для работы пружины в °C	Закалка в °C	Охлаждающая среда	Отпуск в °C	Релаксация в °C
60C2	250	880—900	Масло	350	250
40XC	350	840—860		450	370

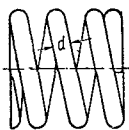
263. Режимы термической обработки крупногабаритных пружин из горячекатаной стали

Марка стали	Закалка		Отпуск		Твердость	
	t° C	Охлаждающая среда	t° C	Охлаждающая среда	H _{RC}	H _B
50ХФА	840—860	Масло	430—450	Вода	40—47	—
60C2	850—870	Вода или масло	470—490	Воздух	—	388—477
У7А	810—830	Масло	380—420	"	40—46	—
55C	830—850	Масло или вода	420—450	"	40—46	364—450

264. Технологический маршрут изготовления пружин из проволоки диаметром 7—12 мм холодной навивкой

		Наименование детали — <i>пружина</i>	
		Материал — 65Г	
		Заготовка — <i>моток</i>	
		Термообработка — закалка и отпуск	
№ операции	Наименование операции	Оборудование	Приспособления
1	Навить	Токарный станок	Оправка
2	Отделить концы пружины	Верстак	Тиски
3	Шлифовать торцы пружины	Точило	Подставки, приспособление
4	Закалка и отпуск	—	—
5	Обжать	—	Приспособление
6	Испытать	Пресс	Стальная плита, оправки
<p>Примечания: 1. Операция 2 выполняется для пружин фасонных и предназначенных для растяжения. 2. Операции 3 и 4 выполняются на пружинах, предназначенных для сжатия. 3. Операция 3 для фасонных пружин не выполняется. 4. Операция 1 выполняется при холодном состоянии металла.</p>			

265. Технологический маршрут изготовления пружин горячей навивкой

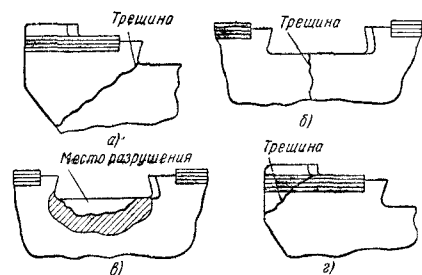
		Наименование детали — <i>пружина</i>	
		Материал — 65Г	
		Заготовка — <i>пруток</i>	
		Термообработка — закалка и отпуск	
№ операции	Наименование операции	Оборудование	Приспособления
1	Отрезать заготовку	Ножницы	—
2	Оттянуть концы	—	Наковальня, молотки
3	Нагреть заготовки	Печь	—
4	Навить	Токарный станок	Оправка
5	Развести на шаг	—	—
6	Отделить концы пружины	Верстак	Тиски
7	Шлифовать торцы пружины	Точило	Подставка, приспособление
8	Закалка и отпуск	—	—
9	Обжать	—	Приспособление, оправки
10	Испытать	Пресс	Стальные плиты и оправки
<p>Примечания: 1. Операция 5 выполняется для тех случаев, если навивка пружин происходит в плотную. 2. Операции 7 и 9 выполняются для пружин, предназначенных на сжатие. 3. Операция 4 выполняется при горячем состоянии металла.</p>			

ИЗГОТОВЛЕНИЕ И РЕМОНТ ОСНОВНЫХ ДЕТАЛЕЙ КУЗНЕЧНО-ПРЕССОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Штамповочные молоты

Шаботы. При эксплуатации молотов встречаются следующие виды поломок шаботов:

- 1) поломка шабота по углу выемки под штамподержатель (фиг. 191, а);
- 2) появление трещины посередине шабота (фиг. 191, б);



Фиг. 191. Основные виды поломок шаботов штамповочных молотов: а — трещина по углу выемки под штамподержатель; б — трещина в середине шабота; в — выкрашивание нижней плоскости выемки под штамподержатель; г — разрушение выступа, ограничивающего передвижение стойки.

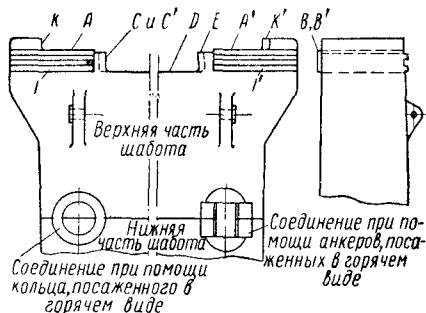
- 3) выкрашивание нижней плоскости выемки под штамподержатель (фиг. 191, в);
- 4) разрушение выступа, ограничивающего передвижение стоек вдоль шабота (фиг. 191, г).

Поломка шабота по углу выемки под штамподержатель объясняется концентрацией напряжений и имеет место обычно при недостаточном радиусе закругления или нарушении формы и чистоты поверхности угла в процессе эксплуатации молота.

Появляющиеся в процессе эксплуатации молота небольшие трещины в углах надлежит вырубать и зачищать, а при небольшой глубине засверливать по краям.

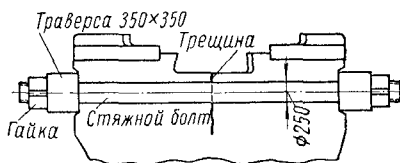
Появление трещины посередине шабота вызывается напряжениями изгиба вследствие неполного прилегания нижней плоскости шабота к сопряженной с ней плоскости второй части из-за попадания постороннего тела. Из этого вытекает необходимость связывать верхнюю часть шабота с нижележащей частью посредством болтов, анкеров или колец (фиг. 192).

Причиной такого рода поломок может являться также недостаточная высота деревянной подшаботной подушки*.



Фиг. 192. Верхняя часть составного шабота крупного штамповочного молота и способы ее соединения с нижней частью шабота.

Для удлинения срока работы шабота при появлении трещины его стягивают болтами (фиг. 193). При этом с обеих сторон шабота вырезают неглубокие выемки для траверс. Стяжные болты завертывают до отказа, затем болты подогревают и гайки завертывают на $\frac{3}{4}$ оборота**.



Фиг. 193. Стягивание треснутого шабота 2-тонного штамповочного молота.

Выкрашивание нижней плоскости выемки под штамподержатель возникает чаще всего при наличии скрытых дефектов вроде раковин, неплотностей, включений и т. д. Во многих случаях такой дефект поддается исправлению путем полного удаления разрушенной части и запрессовки правильно подогнанной вставки.

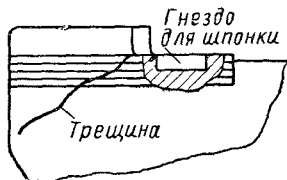
Разрушение выступа, ограничивающего передвижение станин вдоль

* См. раздел «Фундаменты штамповочных молотов», гл. VII.

** Как показывает практика, такой способ укрепления треснутого шабота может дать положительные результаты лишь в тех случаях, когда стягивание осуществлено вскоре после возникновения трещины, в начальный момент ее образования, раньше, чем трещина заполнилась частицами металла или окалины, наличие которых способно оказывать расклинивающее действие. Ред.

шабота, бывает сравнительно редко. Такие поломки объясняются недостаточным радиусом закругления угла, образованного выступом с плоскостью шабота.

Для временного использования такого шабота может быть применен указанный ниже способ ремонта. В площадке шабота под станиной вырубают гнездо, (фиг. 194), куда помещается массивная шпонка. На выступающую из шабота часть шпонки сажают станину, кото-



Фиг. 194. Устройство шпоночного гнезда для установки станины на шпонку при разрушении выступа, ограничивающего передвижение стойки.

рая удерживается на шпонке соответствующим образом обработанным прямоугольным отверстием в станине.

Менее серьезными, но часто встречающимися поломками, являются поломки приливов под подшипники педалей. Поскольку электросварка в данном случае совершенно неэффективна, лучше всего крепить к шаботу новые кронштейны при помощи клинового соединения.

В отличие от поломок шаботов, которые носят случайный характер, износ плоскостей шабота, сопрягающихся с соответ-

ствующими плоскостями стоек и штамподержателя, имеет место при работе молота постоянно.

Восстановление этих плоскостей является одной из основных операций, выполняемых при среднем и капитальном ремонте молотов. Так как транспортировка шаботов весом свыше 20 т в ремонтные цехи и установка их на станки связана с большими трудностями, то обычно ремонт шаботов производится на месте их установки (см. гл. V — «Слесарные работы и проверка основных координат при ремонте технологического оборудования»).

Технические условия на обработку шаботов. Поверхности A и A' (фиг. 192) шабота должны лежать в одной плоскости; отклонения допускаются не больше 0,1 мм.

Поверхности A и A' должны соответствовать правильной плоскости; отклонение от прямолинейности не должно превышать 0,1 мм.

Задние грани шабота (левая B и правая B') должны лежать в одной плоскости; отклонение не должно превышать 0,2 мм.

Поверхности B и B' должны представлять правильную плоскость; отклонение от прямолинейности не должно превышать 0,1 мм.

Грани B , B' и J , J' шабота должны быть перпендикулярны опорным площадкам A и A' ; отклонение не должно превышать 0,1 мм на высоте боковой грани.

Нижняя (опорная) плоскость D выемки под штамподержатель должна быть параллельна опорным площадкам A и A' станины; отклонение допускается не больше 0,3 мм на 1000 мм длины.

Центральный угол выемки под штамподержатель (образованный плоскостями C и C') должен соответствовать указанному в чертеже (обычно 160°); отклонение допускается не больше 0,05 мм на длину грани угла.

Боковые грани C и C' центрального угла должны образовывать с плоскостью угол, указанный в чертеже.

266. Химический состав и механические свойства стали для отливки шаботов штамповочных молотов

Источник	Химический состав в %					Механические свойства					
	C	Mn	Si	P	S	Предел прочности в кг/мм ²	Предел текучести в кг/мм ²	Относительное удлинение в %	Ударная проба в кг м/см ²	Сужение площади не ниже в %	Твердость НВ
Технические условия, рекомендуемые А. А. Игнатовым [1]	Для пробы, отлитой с шаботом										
	0,20—0,30	0,50—0,70	0,26—0,35	0,035	0,040	45,0	20,0	20	5,0	40	140
	Для пробы, отлитой из ковша и прокованной										
	—	—	—	—	—	48,0	21,0	22	5,0	40	143
Технические условия ЧТЗ	для пробы, отлитой с шаботом										
	0,30—0,40	0,50—0,90	0,17—0,37	0,04	0,040	50,0	29,0	22	5,0	—	179—207

ный в чертеже (обычно 85°); допускается отклонение не больше $0,05$ мм на высоте замка.

Боковые грани C и C' центрального угла должны образовывать с задними гранями B и B' и передними гранями J и J' угол, указанный в чертеже (обычно 80°); отклонение не должно превышать $0,5$ мм на 1000 мм длины.

Плоскость E выемки под штамподержатель должна образовывать с плоскостью D угол, указанный в чертеже (обычно 83°); отклонение не должно превышать $0,05$ мм на высоте замка.

Клиновья плоскость E выемки под штамподержатель должна иметь уклон $0,01$ по отношению к поперечной оси шабота; отклонение допускается не больше $0,1$ мм на 1000 мм длины.

Передние боковые грани J и J' шабота должны иметь уклон $1 : 25$; отклонение не должно превышать $0,2$ мм на 1000 мм длины.

Боковые плоскости K и K' выступов шабота, ограничивающих передвижение станин, должны быть перпендикулярны плоскости под станины; допускается отклонение не больше $0,1$ мм на высоте выступов.

Боковые плоскости K и K' выступов должны иметь предусмотренный чертежом уклон по отношению к поперечной оси шабота (чаще всего $6 : 100$ или $1 : 16$); отклонение допускается не больше $0,2$ мм на 1000 мм длины.

Материал шаботов. Шаботы штамповочных молотов изготавливаются из литой стали. Составные шаботы крупных молотов делаются: верхняя и средняя части из литой стали, нижняя — из литой стали или реже из чугуна.

Отливка шабота не должна иметь никаких трещин, усадочных раковин, пузырей, рыхлости, скоплений неметаллических включений и других пороков. Вырубка пороков допускается на глубину не больше $\frac{1}{2}$ припуска на обработку. Никакие наплавки или заварки на отливке не допускаются. Отливка должна быть чистой, освобожденной от земли, литейников и прибыльной части. Отрезка прибыли и литейников производится кислородным резаком.

Метод формовки: верхом вниз или боком вверх.

Залитая металлом форма выдерживается в земле из расчета $1,5$ т металла на 1 день, а при теплой погоде 2 т металла на 1 день.

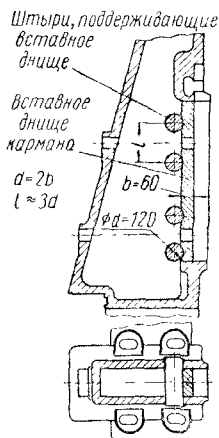
Стойки станин. Стойки станины штамповочного молота несут большую нагрузку. При интенсивной работе молотов они сильно изнашиваются и нередко ломаются. Наиболее типичными для стоек штамповочных молотов поломками являются:

- 1) разрушение опорной стенки (днища) гнезда (кармана) для направляющей;
- 2) разрушение боковой стенки гнезда;
- 3) разрушение верхней площадки гнезда;
- 4) появление поперечной трещины в верхней площадке кармана для направляющей, служащей для закрепления регулировочного болта;
- 5) разрушение нижней боковой части стойки, охватывающей шабот.

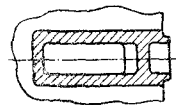
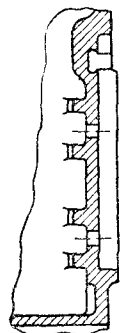
Основной причиной первого вида поломки является наличие жестких и эксцентричных ударов при штамповке. В случае такой поломки стойка может быть отремонтирована путем приварки днища к стенкам стойки, расточки в стенках стойки отверстий для опорных штырей, установки штырей и приварки их к станине (фиг. 195).

Для предупреждения поломки днища кармана при изготовлении новых стоек следует предусматривать усиливающие ребра, как указано на фиг. 196.

Разрушение боковой стенки кармана вызывается жесткой и эксцентричной



Фиг. 195. Ремонт стойки станины 1,5-тонного штамповочного молота при разрушении опорной стенки (днища) кармана.



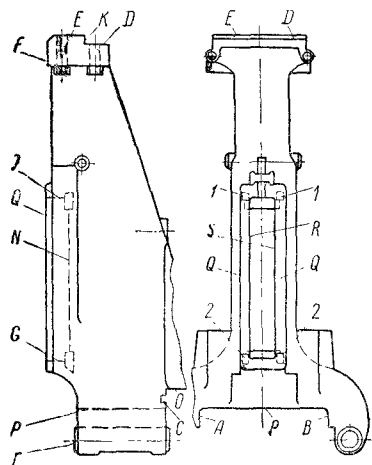
Фиг. 196. Повышение прочности опорной стенки (днища) кармана, стойки станины штамповочного молота усилением ребрами.

штамповкой и чрезмерным зазором в направляющих. Во многих случаях стойки, имеющие такие поломки, удается надежно восстановить дуговой сваркой. Сварку при этом следует производить в горизонтальном положении электродом марки У-55. При вырезке трещины и заварке место кругом трещины подогревают до 200°C . После заварки станину при возможности следует отжечь.

Более редким видом поломок стоек является появление трещины поперек нее, непосредственно под головкой или ниже на уровне верхнего конца направляющих. Причины таких поломок те же, что и предыдущих. Ремонт возможен путем вырезки трещины на всю глубину стенки и ее

заварки с соблюдением условий, указанных выше.

Разрушение верхней площадки кармана, служащей для закрепления регулировочного болта и являющейся одновременно упором для направляющих, может происходить при большом по высоте зазоре, приводящем к ударам направляющих по упорной площадке. Удовлетворительные результаты при ремонте стоек с такими



Фиг. 197. Рабочие поверхности стойки станины штамповочного молота, подвергающиеся обработке при ремонте: А и В — нижние боковые грани; С — паружная грань под клин передвижения стойки; D и E — верхние плоскости головки; F — передняя грань головки; G и J — упорные поверхности кармана; K — плоскость зуба головки; N — опорная стенка (дно) кармана; O и P — нижние плоскости стойки; Q — лицевая плоскость стойки; R и S — боковые плоскости кармана; T — торцовые плоскости приливов под стяжные болты; 1 — верхние технологические площадки; 2 — нижние технологические площадки.

поломками достигались при вставке специальной плиты на место выфрезерованной упорной площадки и закреплении ее клином.

При разрушении нижней охватывающей шабот боковой части, стойку устанавливают на шпонке, закрепленной на шаботе по центру стойки вдоль шабота, таким образом, чтобы обеспечивалась возможность ее перемещения по шаботу при регулировке молота. Для этого на нижней опорной плоскости стойки и на сопряженной с ней плоскости шабота фрезеруют или вырубают шпоночную канавку.

Технические условия на механическую обработку стоек станины приведены

в табл. 267 (обозначения обрабатываемых поверхностей см. фиг. 197).

Параллельность плоскости K головки и лицевой плоскости Q проверяется при помощи штангенрейсмуса.

Для проверки перпендикулярности опорной плоскости P, плоскостей E и D головки к боковым граням R и S кармана станина устанавливается на плиту лицевой плоскостью Q перпендикулярно плите и боковыми гранями R и S кармана параллельно плите. Перпендикулярность лицевой плоскости Q проверяется угольником, параллельность — штангенрейсмусом, перпендикулярность опорной плоскости P к боковым сторонам проверяется угольником. В этом же положении станины штангенрейсмусом проверяются расстояния нижних боковых плоскостей A и B станины от центральной линии кармана.

Материал стоек станин. Стойки штамповочных молотов отливают, как правило, из стали.

Химический состав и механические свойства сталей, рекомендуемых для отливки стоек, приведены в табл. 269.

При формовке стоек для равномерного остывания в местах наибольшего сечения отливки устанавливают холодильники.

Охлаждение отливки в форме производят в течение 1—1,5 суток.

Отливки стоек подвергаются отжигу.

Подцилиндрические плиты. Подцилиндрические (анкерные) плиты штамповочных молотов в процессе эксплуатации изнашиваются, а иногда ломаются. Поломки плит чаще всего происходят по следующим причинам:

1. Уменьшение толщины плиты в результате неоднократных перестрожек при ремонтах.

2. Поломки плит по углу замка из-за недостаточной величины радиуса закругления в углах замка (радиус делать не меньше 8—15 мм).

3. Реже встречающиеся в практике поломки плит по средней части связаны с плохим прилеганием плиты к станинам молота и к цилиндру. Для уменьшения износа плит должна обеспечиваться смазка рабочих плоскостей. Для этого делают смазочные отверстия с канавками (фиг. 198).

Для выявления износа плиты при ремонте молота она устанавливается замками кверху. Проверкой при помощи штангенциркуля размеров от отверстий для болтов до граней замка (размеры А и В на фиг. 198) определяется износ граней. При помощи штангенциркуля выясняется

267. Технические условия на механическую обработку стоек станин штамповочных молотов

Параметры	Допуск в мм	
	по техническим условиям, рекомендуемым А. А. Игнатовым [1]	по техническим условиям ЧТЗ
Разница в высоте двух парных стоек	0,5	—
Неперпендикулярность нижней опорной поверхности P к базовой плоскости Q	0,2 на длине 1000 мм только в сторону уменьшения угла между этими плоскостями (от прямого угла)	0,3
Непараллельность опорной поверхности N кармана направляющей базовой плоскости Q	0,1 на длине 1000 мм	0,1 на длине 1000 мм
Неперпендикулярность боковых плоскостей R и S кармана для направляющей к базовой плоскости Q	—	0,05 на глубине кармана
Неперпендикулярность боковых плоскостей R и S кармана для направляющей к опорной плоскости P	0,1 на длине 1000 мм	—
Непараллельность между собой боковых плоскостей R и S кармана для направляющей	0,1 на длине 1000 мм	—
Непараллельность плоскости O плоскости P	0,2 на длине 1000 мм	—
Непараллельность плоскости C базовой плоскости $Q - Q$	0,15 на длине 1000 мм	—
Неперпендикулярность плоскостей A и B к базовой плоскости $Q - Q$	—	0,2 на длине 1000 мм
Неперпендикулярность плоскостей A и B к опорной плоскости P стойки	—	0,1 на всей высоте плоскостей A и B
Непараллельность плоскостей A и B	0,1 на длине 500 мм	0,05 на всей длине
Непараллельность плоскости A плоскости, проходящей по оси симметрии стойки	0,15 на длине 1000 мм	—
Непараллельность нижней опорной плоскости P и верхней плоскости E головки стойки	0,1 на длине 1000 мм	0,2 на длине 1000 мм
Непараллельность плоскости K головки стойки базовой плоскости $Q - Q$	0,2 на длине 1000 мм	0,1 на всей длине плоскости K
Непараллельность плоскостей K и F	—	0,1 на всей длине плоскости F
Неперпендикулярность плоскости F верхней к плоскости E головки	—	0,05 на всей высоте плоскости F
Непараллельность верхних плоскостей D и E головок у двух парных стоек	—	0,05 на всей ширине головки

268. Технология ремонта станин *

Наименование операции	База	Стапок или приспособление	Способ выполнения
<p>Определение величины износа стоек плоскостей <i>R</i>, <i>S</i>, <i>N</i>, <i>G</i> и <i>I</i> кармана, передней грани <i>F</i> головки, плоскости <i>E</i> головки пилжных боковых плоскостей <i>A</i> и <i>B</i> станины и наружной плоскости <i>C</i> (подклин)</p> <p>Наплавка изношенных плоскостей <i>R</i>, <i>S</i>, <i>N</i>, <i>G</i> и <i>I</i> кармана, передней грани <i>F</i> головки, верхних плоскостей <i>E</i> и <i>D</i> головки, пилжных боковых плоскостей <i>A</i> и <i>B</i> станины и наружной площадки под клин <i>C</i></p> <p>Контроль правильности наплавки</p>	<p>Лицевая плоскость <i>Q</i> станины, технологические площадки в карманах станины и отверстия для болтов</p> <p>Разметка и ука- зания</p>	<p>Разметочная плита или стол продольно-строгального станка</p> <p>Электросварочный аппарат</p>	<p>Износ определяется по лицевой плоскости <i>Q</i> станины, по технологическим площадкам <i>I</i> и <i>2</i> карманов, по промерам от отверстий для болтов, по толщине головки и по общей длине станины</p> <p>Наплавка производится электродами ЦМ-7. Слой наплавки согласно износу с припуском 4 — 5 мм на обработку. Нижняя плоскость основания станины не наплавляется</p>
<p>Сторожка боковых плоскостей кармана</p>	<p>Лицевая плоскость <i>Q</i> станины, технологические площадки <i>1</i> и <i>2</i>, отверстия для болтов</p> <p>Лицевая плоскость <i>Q</i> и технологические площадки <i>1</i> и <i>2</i> кармана</p>	<p>Разметочная плита</p> <p>Продольно-строгальный станок</p>	<p>Проверяется наличие достаточного слоя наплавки для возможности обработки в соответствии с чертежом</p> <p>Станина при помощи штангенрейсмуса устанавливается лицевой плоскостью <i>Q</i> кверху параллельно плоскости стола. Осевая плоскость станины устанавливается параллельно ходу стола. Проверка установки производится резцом по технологическим площадкам <i>1</i> и <i>2</i> кармана</p>
<p>Зачистка лицевой стороны станины</p> <p>Сторожка опорной плоскости (днища) <i>N</i> кармана</p>	<p>Лицевая плоскость <i>Q</i></p> <p>То же</p>	<p>То же</p> <p>"</p>	<p>Зачищается небольшой стружкой "на верность"</p> <p>Измеряется глубинометром от лицевой плоскости <i>Q</i> в соответствии с чертежом</p>
<p>Сторожка передней грани <i>F</i> головки станины и торцовых плоскостей <i>T</i> отверстий для стяжных болтов</p> <p>Фрезерование нижней <i>G</i> и верхней <i>I</i> упорных площадок кармана</p>	<p>Лицевая плоскость <i>Q</i> и отверстия для болтов</p> <p>То же</p>	<p>"</p> <p>"</p>	<p>Проверка правильности обработки производится при помощи линейки и глубиномера</p>
<p>Промежуточный контроль исполненных операций</p>	<p>То же</p>	<p>"</p>	<p>Упорные площадки <i>G</i> и <i>I</i> фрезеруются на продольно-строгальном станке при помощи фрезерной головки или на продольно-фрезерном станке. Верхняя площадка — по разметке, нижняя от верхней — в размер по чертежу</p> <p>Контроль осуществляется при помощи угольника, штангенрейсмуса, штангенциркуля, штихмаса, глубиномера и линейки</p>
<p>Сторожка нижней опорной плоскости <i>P</i> станины и нижних боковых плоскостей <i>A</i> и <i>B</i>. Плоскость <i>P</i> строгаются "на верность", боковые плоскости <i>A</i> и <i>B</i> в размер</p>	<p>Лицевая плоскость <i>Q</i> и боковые плоскости <i>R</i> и <i>S</i> кармана</p>	<p>"</p>	<p>Станина устанавливается лицевой плоскостью <i>Q</i> перпендикулярно столу станка и параллельно траверсе станка. Параллельность проверяется по штихмасу от траверсы и по индикатору, прикрепленному к поперечному суппорту. Перпендикулярность проверяется по угольнику</p> <p>Боковая грань кармана при помощи штангенрейсмуса устанавливается параллельно столу станка</p>

* Принятые в таблице обозначения обрабатываемых поверхностей те же, что и в табл. 267 (см. фиг. 197).

Продолжение табл. 268

Наименование операции	База	Станок или приспособление	Способ выполнения
Промежуточный контроль выполненных операций в соответствии с техническими условиями и чертежом	Лицевая плоскость Q и боковые плоскости R и S кармана	Продольно-строгальный станок	Перпендикулярность опорной плоскости P к боковым плоскостям R и S кармана проверяется угольником и штангенрейсмусом; перпендикулярность плоскости P и боковых нижних плоскостей A и B к лицевой плоскости Q проверяется с помощью угольника, путем установки станины лицевой плоскостью Q вниз на стол станка.
Строжка плоскостей E и D головки в размер	Лицевая плоскость Q , опорная плоскость P и передняя грань F головки	То же	Станина ставится лицевой плоскостью Q вниз на стол станка, головкой к боковому суппорту; перпендикулярность плоскостей E и D головки к боковым граням R и S кармана достигается благодаря установке плоскости P параллельно кромке стола. Размер станины определяется шириной стола и расстояниями плоскости E головки и опорной плоскости P от кромок стола станка.
Окончательный контроль станины в соответствии с техническими условиями и чертежом	Лицевая сторона, отверстия для болтов, технологические площадки карманов	Разметочная плита	Станина устанавливается лицевой плоскостью Q вниз к плите, перпендикулярность плоскостей E и D головки, опорной плоскости P и нижних боковых граней A и B к лицевой плоскости Q проверяется угольником

269. Химический состав и механические свойства стали для отливки стоек станин штамповочных молотов

Источники	Химический состав в %							Механические свойства				
	C	Mn	Si	Cr	Ni	P	S	Предел прочности в $\text{кг}/\text{мм}^2$	Предел текучести в $\text{кг}/\text{мм}^2$	Относительное удлинение в %	Ударная пробивка в $\text{кг}\cdot\text{м}/\text{см}^2$	Твердость НВ
Технические условия, рекомендуемые А. А. Игнатовым [1]	0,30—0,40	0,45—0,70	0,30—0,40	<0,3	<0,3	<0,045	<0,045	40—50	25	16	—	134
Технические условия ЧТЗ	0,20—0,30	—	—	—	—	<0,06	<0,06	45	23	22	<6	—

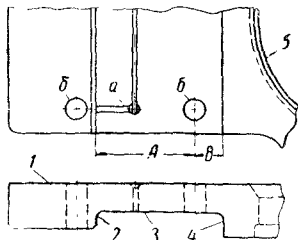
толщина оснований замков. При толщине меньшей минимально допускаемой (80—85% первоначальной) плита считается непригодной.

Для строжки верхней плоской стороны плита устанавливается на продольно-строгальный станок плоской стороной вверх параллельно плоскости стола. Параллельность выверяется штангенрейсмусом по трем точкам, принимаемым за базовые.

При разметке замков плита устанавливается на стол станка замками вверх. Обмером от отверстий для болтов с проверкой по центральному отверстию для цилиндра размечается край одного из замков. От размеченного края в соответствии с чертежом размечаются оба замка.

Замки строгаются на продольно-строгальном станке. Для этого плита устанавливается плоской стороной на стол станка

замками кверху, размеченной кромкой замка по ходу стола. Параллельность проверяется при помощи резца в суппорте поперечной траверсы по разметке. Согласно разметке строгаются кромка и осно-



Фиг. 198. Смазочные канавки и основные рабочие и базовые поверхности подцилиндровой плиты: а — смазочные канавки; б — отверстия для болтов; 1 — верхняя плоскость плиты; 2 — внешняя боковая грань замка; 3 — нижняя опорная плоскость плиты; 4 — внутренняя боковая грань замка; 5 — поверхность центрального отверстия (для цилиндра)

вание одного замка; ширина замка делается соответственно чертежам, размер берется от простроганной кромки. Второй замок строгаются с этой же установки; за базу принимается боковая грань и основание первого замка.

Технические условия на обработку подцилиндровой плиты:

- 1) плоская сторона плиты должна быть прямой в всех направлениях; отклонение допускается не больше 0,05 мм;
- 2) основания обоих замков плиты должны быть в одной плоскости; допускается отклонение по высоте не больше 0,1 мм, по непараллельности 0,1 мм на 1000 мм длины;
- 3) боковые грани замков должны быть параллельны; отклонение допускается не больше 0,05 мм на ширине замка;
- 4) плоскости оснований замков должны быть параллельны плоскости верхней стороны плиты; отклонение допускается не больше 0,1 мм на 1000 мм длины.

Материал подцилиндровых плит. Подцилиндровые плиты для крупных молотов, начиная от 5 т и выше, делают из литой стали с содержанием углерода 0,3—0,4% по ГОСТ 1050-52, химический состав и механические свойства которой приведены в табл. 269.

Плиты мелких и средних молотов до 4 т включительно обычно делают коваными.

Кованые подцилиндровые плиты изготавливаются из нормализованных или улучшенных поковок.

Наиболее подходящей сталью для поковки подцилиндровых плит является

сталь 45 по ГОСТ 1050-52 с содержанием 0,40—0,50% С; 0,50—0,80% Мп; 0,17—0,37% Si; ≤0,30% Cr; ≤0,30% Ni; 0,045% S и P.

Повокка в нормализованном состоянии должна иметь следующие механические свойства: предел прочности 58 кг/мм²; предел пропорциональности 28 кг/мм²; относительное удлинение 14%; относительное сжатие 32%; ударная проба 3 кгм/см²; твердость $H_B = 217$.

Пробы для механического и химического испытания должны быть взяты из специального образца, откованного вместе с поковкой из одной заготовки.

Повокки из указанной стали нормализуются при 820° С; отпуск дается при 600° С.

Повокки подцилиндровых плит не должны иметь на своей поверхности трещин, плен, волосовин и зажимов. Вырубка пороков допускается на глубину не более 1/5 припуска на механическую обработку.

Никакие наплавки или заварки поковки не допускаются.

Размеры поковки должны соответствовать чертежу.

Цилиндры. В стенках цилиндров появляются иногда трещины вследствие защемления обломков поршневых колец между поршнем и стенкой цилиндра.

Основным средством предупреждения таких поломок является правильный выбор материала для поршневых колец и гильзы цилиндра. Большое значение для предупреждения защемлений поршневых колец и преждевременного износа цилиндра имеет хорошая смазка цилиндра.

Заварку чугунных цилиндров лучше производить автогенем с подогревом цилиндра до 500—600° С и медленным охлаждением по окончании заварки.

При электродуговой сварке чугунного цилиндра по обе стороны шва ставят на резбе в шахматном порядке штыри. Сварку чаще всего производят электродом У-55, обмотанным сверх обмазки проволокой красной меди диаметром 1,5—2 мм.

Внутренняя поверхность чугунного цилиндра или чугуной гильзы (при стальном цилиндре) сильно изнашивается в процессе эксплуатации и требует периодической расточки (практически через 6—18 мес. в зависимости от условий работы молота). При расточках принято придерживаться определенных переходов (ремонтных размеров).

270. Ремонтные размеры, применяющиеся при расточке цилиндров штамповочных молотов (по данным ЧТЗ)

Вес падающих частей в кг	Наружный диаметр цилиндра в мм	Внутренний диаметр гильзы цилиндра в мм						Максимальная толщина стенки в мм	Минимальная толщина стенки в мм
		Номинальный диаметр	Первая расточка	Вторая расточка	Третья расточка	Четвертая расточка			
800	310	270	276	284	292	—	20	9	
1 000	325	280	286	294	305	—	22,5	10	
1 500	435	375	385	395	405	415	30	10	
2 000	435	385	395	405	415	—	20	10	
2 500	485	435	444	454	464	—	25	10,5	
3 000	500	450	460	470	480	—	25	10	
6 500	680	610	622	634	646	658	35	11	
9 000	770	710	722	734	746	755	32,5	10	
12 000	870	812	824	836	848	—	29	11	
15 000	900	836	848	860	872	—	32	14	

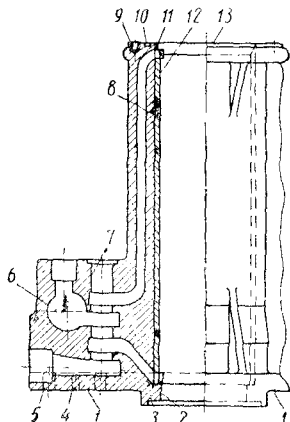
Технические условия на расточку цилиндра:

- 1) поверхность основания цилиндра (фиг. 199) должна представлять правильную плоскость; допускается вогнутость не больше 0,05 мм;
- 2) ось цилиндра должна быть перпендикулярна основанию; отклонение допускается не больше 0,2 мм на 1000 мм длины;
- 3) при расточке цилиндра вместе с нижней крышкой ось цилиндра должна совпадать с осью нижней крышки цилиндра; отклонение допускается не больше 0,05 мм;
- 4) расточка цилиндра должна иметь строго цилиндрическую форму; допускается: овальность не больше 0,2 мм, конусность не больше 0,3 мм на 1000 мм длины;
- 5) поверхность расточки цилиндра (гильзы) должна быть обработана по 7-му классу чистоты;
- 6) при расточке без нижней крышки торцовая плоскость 3 под нижнюю крышку должна быть перпендикулярна оси цилиндра; отклонение допускается не больше 0,1 мм на 1000 мм длины;
- 7) ось поверхности 2 и центр поверхности 3 для нижней крышки должны совпадать с осью цилиндра; отклонение допускается не больше 0,03 мм;
- 8) торцовая плоскость 13 под верхнюю крышку должна быть перпендикулярна оси цилиндра; допускается отклонение 0,1 мм на 1000 мм длины;
- 9) центр окружности уплотнительной канавки 10 под верхнюю крышку должен совпадать с осью цилиндра; отклонение допускается не более 0,3 мм;
- 10) центр окружности уплотнительной канавки должен совпадать с осью окружности центров отверстия 2 для болтов верхней крышки; допускается отклонение не больше 0,5 мм;
- 11) ось поверхности 2 и центр поверхности 3 для нижней крышки должны совпадать с центром окружности, на которой расположены отверстия шпильки крепления крышки; допускается отклонение не больше 0,5 мм;
- 12) центр окружности, на которой расположены отверстия для болтов крепления верхней крышки

цилиндра, должен совпадать с осью расточки цилиндра; отклонение допускается не больше 1 мм;

13) размеры и допуски на обработку должны соответствовать указаниям в чертеже;

14) торцовые плоскости для крышек дросселя должны быть перпендикулярны оси расточки под



Фиг. 199. Основные рабочие поверхности цилиндра штамповочного молота: 1 — нижняя плоскость; 2 — расточка под нижнюю крышку; 3 — торцовая поверхность расточки под нижнюю крышку; 4 — смазочное отверстие; 5 — отверстия для болтов крепления цилиндра; 6 — расточка под гильзу дросселя; 7 — расточка под гильзу золотника; 8 — гильза цилиндра; 9 — отверстия для болтов крепления верхней крышки; 10 — канавка уплотнения; 11 — конусная часть гильзы (для ввода поршневых колец); 12 — верхняя несрабатывающая часть гильзы; 13 — торцовая плоскость цилиндра.

гильзу дросселя; допускается отклонение не больше 0,1 мм на 1000 мм длины;

15) центр окружности уплотнительных канавок для крышек дросселя должен совпадать с центром расточки под гильзу дросселя; отклонение допускается не больше 0,1 мм.

Материал цилиндров. Цилиндры штамповочных молотов отливаются из стали и реже из чугуна. Стальные цилиндры более долговечны в эксплуатации чем чугунные, но отливка их значительно сложнее.

Трудности, возникающие при отливке стального цилиндра, связаны главным образом с малыми сечениями и большой длиной каналов. Поэтому для упрощения отливки стальных цилиндров молотов в последнее время стали прибегать к применению сварно-литых конструкций, при которых отливка цилиндра выполняется с открытыми каналами. После очистки литья выполненные таким образом каналы закрываются литыми или коваными крышками, которые привариваются к корпусу цилиндра.

271. Технология расточки цилиндра молота

Наименование операций	База	Станок или приспособление	Способ выполнения
Проверка правильности плоскости I* основания цилиндра	Плоскость основания цилиндра	Разметочная плита	Цилиндр устанавливается основанием перпендикулярно разметочной плите по угольнику, приложенному к вертикальной кромке основания. Линейкой проверяется прямолинейность горизонтальной кромки основания. Передвижением угольника, прижатого одной стороной к разметочному столу, а второй стороной прилегающего к горизонтальной кромке цилиндра, проверяется совпадение поверхности основания с плоскостью. При наличии двух отдельных площадок основания, разделенных нижней крышкой цилиндра, таким путем проверяется отдельно каждая из площадок. Расположение обеих площадок в одной плоскости проверяется установкой цилиндра основанием параллельно разметочной плите по трем угловым точкам. Равенство расстояний всех точек плоскости основания от разметочной плиты покажет правильность плоскости и совпадение обеих частей основания цилиндра с этой плоскостью.
Подрезка торцевой плоскости 13 под верхнюю крышку цилиндра	Центр верхнего и нижнего сечений расточки цилиндра	Расточной	Цилиндр устанавливается своей осевой параллельно столу станка (основанием к кронштейну, поддерживающему скалку). Осевая определяется по центрам самого верхнего и самого нижнего сечений расточки цилиндра, обычно не изнашивающихся во время работы. Цилиндр устанавливается так, чтобы ось его расточки совпала с осью шпинделя станка. Установка проверяется индикатором, закрепленным на шпинделе.
Строжка основания цилиндра	Обработанный торец под верхнюю крышку цилиндра	Продольно-строгальный	Цилиндр устанавливается подрезанным торцом на стол станка, а основанием кверху. Основание строгается на верность параллельно плоскости торца под верхнюю крышку.
Расточка цилиндра в размер	Нижнее основание; центровая заточка под нижнюю крышку	Расточной	Цилиндр устанавливается на расточной станок основанием параллельно плашайбе станка. По индикатору проверяется перпендикулярность борштанга основанию цилиндра. Борштанга при помощи индикатора устанавливается по центру нижнего сечения цилиндра. Для контроля индикатором проверяется совпадение центра верхнего сечения цилиндра с осью борштанга.
Проверка произведенной операции	Основание цилиндра	"	Индикатором проверяется перпендикулярность осевой цилиндра к его основанию. По удалении борштанга штихмасом проверяется полученный размер и прочее в соответствии с техническими условиями на расточку.
Расточка конуса для захода колец	Осевая цилиндра	"	Цилиндр устанавливается верхней частью к рабочей головке станка, осью параллельно столу станка, верхней торцевой плоскостью параллельно плашайбе станка. При помощи планетарной поперечной подачи реза с одновременным продольным перемещением стола обрабатывается конус для захода колец.
Проточка уплотнительных канавок под верхнюю крышку	Осевая цилиндра и торцовая плоскость под верхнюю крышку	"	При помощи планетарной подачи, резцом, установленным по оси расточки цилиндра, протачиваются уплотнительные канавки.
Торцевание плоскости для крышек дросселя и прорезка уплотнительных канавок	Осевая рубашки дросселя и основание цилиндра	"	Цилиндр устанавливается основанием на стол станка или на мерные подкладки так, чтобы ось расточки под гильзу дросселя совпала с осью шпинделя. Проверка производится индикатором. С одной стороны подрезаются передняя и задняя торцевые плоскости расточки под гильзу дросселя.
Проверка выполненной обработки цилиндра	Основание цилиндра	Разметочная плита	Цилиндр устанавливается на плиту так, чтобы его расточка была параллельна плите. Параллельность проверяется штангенрейсмусом. Угольником проверяется перпендикулярность основания к осевой. Прочие обмеры производятся общепринятыми способами.

* Обозначения те же, что на фиг. 199.

272. Химический состав чугунов и сталей, применяющихся для изготовления цилиндров штамповочных молотов

Материал	Источник	Химический состав в %							
		C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Прочие эле- менты
Легированный чугун	—	2,99	0,68	0,156	0,319	0,092	—	0,66	Mo 0,69
Сталистый чугун	—	3,0—3,5	<0,80	0,90—1,00	≥0,40	0,10	—	—	—
Литая углеродистая сталь	По техническим условиям, рекомендуемым А. А. Игнатовым [1] По техническим условиям ЧТЗ	0,30—0,40	0,45—0,20	0,17—0,37	≥0,045	—	≥0,03	—	—
		0,20—0,30	—	—	<0,05	0,05	—	—	—

Применение стали с малым содержанием углерода по техническим условиям ЧТЗ мотивируется лучшей ее свариваемостью, что упрощает ремонт цилиндров при возникновении в них трещин.

Цилиндры, отлитые из углеродистой стали с содержанием углерода 0,30—0,40%, подвергаются нормализации при 880—900°С и отпуску при 620—650°С (охлаждение с печью).

Гильзы цилиндров. Износостойкость гильзы (рубашки) цилиндра является необходимым условием нормальной работы штамповочного молота. Долговечность гильзы зависит в очень большой мере от материала гильзы и поршневых колец, а также от их обработки.

Практика работы молотов показала, что повышение твердости гильз до $H_B = 255 \div 300$ дает резкий эффект в повышении их износостойкости. Такая твердость достижима при применении для изготовления гильз модифицированного чугуна указанного ниже состава и соблюдения определенных условий отливки и термообработки.

Материал гильз цилиндров. Гильзы цилиндров штамповочных молотов рекомендуется изготавливать из чугуна следующего состава: 2,9—3,2% С; 1,1—1,4% Si; 1,5—1,8% Mn; 0,3—0,5% Cr; 0,6—0,9% Ni; <0,25% P; <0,15% S.

Чугун модифицируют в ковше добавкой 75%-ного ферросилиция в количестве 0,5% веса металла.

Отливка гильзы должна быть освобождена от формы через 10—12 час. после заливки; дальнейшее остывание отливки производится на открытом воздухе.

Образец, взятый из прибыльной части отливки гильзы, подвергнутый закалке

в масле при температуре 850—860°С, должен иметь твердость $H_B = 444 \div 514$.

Твердость отливки должна быть в пределах $H_B = 179 \div 302$. Отливки, твердость которых находится в пределах $H_B = 179 \div 255$, после предварительной обработки подвергаются закалке.

Технология термической обработки гильз цилиндров

Закалка

1) Посадка гильзы в печь при температуре печи 400°С;

2) Выдержка в печи при температуре 400°С в течение 10—12 час.;

3) подъем температуры в печи до 850—860°С при скорости ее нарастания 50—60°С в час;

4) выдержка в печи (1 час на 1 т веса гильзы);

5) закалка гильзы в масле на твердость $H_{RC} = 47 \div 52$.

Отпуск

6) нагрев гильзы в печи до 450—470°С вместе с печью;

7) выдержка в печи при температуре 450—470°С в течение 12 час.;

8) охлаждение гильзы в воде; твердость после отпуска равна $H_B = 255 \div 300$.

При твердости заготовки в пределах $H_B = 255 \div 300$ гильзы обрабатываются начисто.

Гильзы, имеющие твердость ниже $H_B = 255$, обрабатываются с плюсовым припуском по наружному диаметру 4—7 мм и минусовым припуском 4—7 мм по внутреннему диаметру и подвергаются дополнительной термообработке, после которой производится окончательная обработка по чертежным размерам.

273. Технология механической обработки гильзы цилиндра

Наименование операции	База	Станок или приспособление	Способ выполнения
Расточка внутреннего диаметра	Внутренний диаметр отливки и толщина стенок заготовки	Расточной	Гильза устанавливается на стол станка так, чтобы ее ось совпадала с осью борштанги; правильность установки проверяется чертилкой, закрепленной на борштанге. Размер расточки предварительно измеряется штихмасом от борштанги и окончательно проверяется по удалению борштанги. Расточка ведется двумя резами и более
Подрезка торца	Внутренняя обработанная поверхность гильзы	"	Торец подрезается планетарной подачей реза
Расточка конуса для захода колец	То же	"	Конус обрабатывается поперечной подачей реза при одновременном продольном перемещении стола станка
Проточка технологического пояска	Внутренний диаметр расточки	"	С той же установки на конце наружной поверхности со стороны рабочей головки станка по оси внутренней расточки протачивается поясок, соосный внутреннему диаметру, для выверки гильзы при обработке наружной поверхности
Отрезка гильзы в размер, проточка технологического пояска со второго конца	Внутренняя расточка	"	Гильза переставляется отрезанным концом к задней стойке станка, осевой по направлению шпинделя станка. Поперечной подачей реза отрезается конец гильзы в размер, с той же установки на наружном конце гильзы протачивается технологический поясок, соосный с внутренним диаметром гильзы
Изготовление установочной шайбы гильзы	—	Токарный	Плоская шайба толщиной 25 — 30 мм обрабатывается снаружи на конус со средним диаметром, равным фактическому внутреннему диаметру гильзы. Край конуса делается с одной стороны — 0,02 мм, с другой + 0,02 мм. В центре шайбы засверливается и раззенковывается отверстие под центр
Наружная обработка гильзы	Внутренний диаметр и технологические пояски	"	Гильза устанавливается одним концом в патрон станка, во второй конец запрессовывается шайба центром наружу. Шайба поддерживается центром задней бабки. По технологическим пояскам выверяется соосность наружной и внутренней поверхностей
Разметка окон для пара	Верхний и нижний торцы гильзы, осевая гильзы	Разметочная плита	Гильза устанавливается на разметочную плиту осевой параллельно плите. Штангенрейсмусом по образующей наружной поверхности размечаются окна
Фрезерование окон	Разметка	Вертикально-фрезерный или расточной	По периметру размеченных окон сверлятся отверстия диаметром 15 — 20 мм, фрезой меньшего диаметра сфрезеровываются перемычки между отверстиями и зачищаются края окон
Проверка выполненной обработки	Внутренний диаметр гильзы	Разметочная плита	Путем обмера проверяется соосность и соответствие размеров чертежу и техническим условиям

Технические условия на механическую обработку гильзы цилиндра:

- 1) наружная и внутренняя поверхность гильзы должны иметь общую ось; отклонение допускается не больше 0,05 мм;
- 2) центры окон должны быть размещены на одной образующей; отклонение допускается не больше 3 мм;
- 3) гильза должна быть обработана по наружной поверхности соответственно 6-му классу чистоты, по внутренней поверхности соответственно 7-му классу чистоты;
- 4) наружная и внутренняя поверхности сечения гильзы должны быть правильными окружностями; овал и эллипсность по наружному диаметру допускается не больше 0,05 мм, по внутреннему не больше 0,15 мм;
- 5) все размеры и допуски должны соответствовать чертежу.

Штоки. Материал штоков. Средняя стойкость штока, в основном определяется характером работы молота, колеблется от 200 до 5000 рабочих часов и иногда более. На стойкость штока большое влияние оказывают материал и технология его обработки. Большие напряжения, возникающие в штоках штамповочных молотов, заставляют применять для их изготовления легированные стали, имеющие повышенную прочность, достаточную пластичность, вязкость и хорошую прокаливаемость, что особенно важно для штоков большого диаметра.

Чаще всего для изготовления штоков используются стали с несколькими легирующими добавками, так как присутствие нескольких элементов дает больший эффект, чем каждый из них в отдельности.

Наилучшие результаты дает применение для изготовления штоков хромоникель-молибденовых сталей 32ХНМ или 18ХНМ. Эти стали являются наиболее подходящими для штоков молотов, выполняющих тяжелую штамповку.

Наличие молибдена в пределах 0,3—0,4% предохраняет шток от отпускной хрупкости, свойственной легированным сталям.

Ввиду высокой стоимости и дефицитности молибдена его заменяют вольфрамом в тройном размере.

Хромомолибденовые стали применяются в настоящее время для изготовления штоков как исключение лишь для молотов, занятых на особо тяжелых работах. Во всех других случаях используются более простые стали, из которых лучшие результаты показывают такие, как 40ХФА, 40ХНА, 20ХНФА, 30ХНЗА и 18ХНВА.

Химический состав некоторых сталей, применяющихся для изготовления штоков штамповочных молотов, и механические свойства поковок штоков приведены в табл. 274.

Технические условия на поковку штоков (сталь 18ХНВА, 40ХНА, 30ХНЗА). От верхней части слитка отрезается не менее 5% веса слитка и удаляются следы усадочной раковины от прибыльной части.

Послековки производится охлаждение с печью и отжиг, а для поковок из стали марки 18ХНВА— нормализация и высокий отпуск.

Поковки штоков изготавливаются с припуском одного конца для отрезки проб, подлежащих механическим испытаниям; диаметр припуска должен быть не меньше диаметра поковки.

Поковки должны соответствовать размерам поковочных чертежей.

На поверхности поковок не должно быть трещин, плен, волосовин, закатов и других наружных дефектов. Вырубка наружных дефектов допускается на глубину не более $\frac{1}{2}$ припуска на обработку.

Образец для механических испытаний вырезается из припуска на растоянии $\frac{1}{3}$ радиуса от поверхности. Испытанию подвергаются два разрывных и два ударных образца.

Поковки штоков подлежат проверке на флокены и другие внутренние дефекты путем контроля макроструктуры на поперечном темплете, вырезанном на половине сечения образца.

Поковки маркируются с указанием чертежа, номера плавки, марки стали и клейма ОТК.

Стрела прогиба поковки штока не должна превышать 0,1 припуска по диаметру на обработку.

Повокка снабжается паспортом с указанием данных приемы в соответствии с техническими условиями.

274. Химический состав и механические свойства поковок для изготовления штоков штамповочных молотов

Источники	Марка стали	Химический состав в %								Механические свойства						
		C	Mn	Si	Cr	Ni	W	Mo	P	S	Предел прочности в кг/мм ²	Предел текучести в кг/мм ²	Удлинение в %	Сужение поперечного сечения в %	Ударная вязкость в кг/м/см ²	Твердость по Бринеллю
Технические условия, рекомендуемые А. А. Игнатовым [1]	—	0,3—0,4	0,5—0,6	0,15—0,25	0,6—0,7	1,5—1,75	—	0,2—0,3	0,02	0,03	90	70	20	45	7	207—255
	—	0,3—0,4	0,5—0,7	0,2—0,3	0,5—0,6	3,25—3,75	—	0,2—0,3	0,02	0,03	100	80	20	55	7	207—255
Технические условия ЧТЗ	18ХНВА	0,14—0,21	0,25—0,55	0,17—0,37	1,35—1,65	3,75—4,00	0,9—1,2	—	0,035	0,03	115	90	12	50	12	269—302
	40ХНА	0,37—0,45	0,5—0,6	0,17—0,37	0,45—0,75	1,0—1,5	—	—	0,035	0,03	100	80	10	45	7	196—207
	30ХНЗА	0,27—0,35	0,3—0,6	0,17—0,37	0,60—0,90	2,75—3,5	—	—	0,035	0,03	115	100	10	50	8	255—269

275. Температурные режимыковки штоков из легированных сталей 35ХНМ, 32ХНМ и 18ХНВА

Вес слитка в т	Максимальная температура печи в °С	Выдержка в мин.	Максимальная температура ковочного нагрева в °С	Продолжительность нагрева до ковочной температуры в час.	Выдержка при ковочной температуре в час.	Температура концаковки в °С
1,5	900	30	1200	4,5	1	800—900
2,5	800	30	1200	5,5	1,5	800—900
3,5	870	60	1200	6	1,5	800—900
4,5	700	60	1200	7	1,5	800—900
6	700	60	1200	8,5	1,5	800—900
Квал- рат 400 мм	1000	40	1200	3,5	1	800—900

Охлаждение поковок послековки (без отжига):

- 1) послековки поковки с температурой не ниже 350°С загружаются в печь, нагретую до температуры 350—450°С;
- 2) охлаждение с печью до температуры 300—350°С;
- 3) выдержка при температуре 300—350°С в течение 45 мин.;
- 4) нагрев на 75—100°С в час до температуры 640—660°С;
- 5) выдержка при температуре 640—660°С в течение 14 час.;
- 6) охлаждение с печью до температуры 500°С;
- 7) охлаждение на воздухе.

Отжиг поковок (за исключением сталей марок 18ХНМА и 18ХНВА):

- 1) нагрев с умеренной скоростью до температуры 650°С;
- 2) выдержка при температуре 650°С до полного прогрева штоков;
- 3) нагрев до температуры 850°С;
- 4) выдержка при 850°С в течение 3—4 час.;
- 5) охлаждение с печью до температуры 650—670°С;
- 6) выдержка при температуре 650—670°С в течение 6 час.
- 7) охлаждение с печью до температуры 400°С;
- 8) охлаждение на воздухе.

Нормализация. Нагрев до температуры 970°С. Выдержка при температуре 970°С в течение 6 час. Охлаждение на воздухе до температуры 100—150°С.

Высокий отпуск. Нагрев до температуры 660°С. Выдержка при температуре 660°С в течение 12 час. Охлаждение на воздухе.

Закалка штоков (сталь 18ХНМА).

Нагрев до температуры 860—870°С. Выдержка при температуре 860—870°С в течение 2 час. Охлаждение в масле до температуры 150—200°С.

Отпуск штоков. Посадка в печь при температуре не выше 450°С. Выдержка при температуре 400—450°С в течение 1,5 часа. Нагрев до температуры 580—600°С. Выдержка при температуре 580—600°С в течение 12 час. Твердость штоков после отпуска в пределах $H_B = 286 \div 340$.

Механическая обработка штоков ведется в два приема: предварительная послековки и отжига и окончательная (обточка и шлифовка) после заковки и отпуска.

Технические условия на механическую обработку штоков. Чистота поверхности цилиндрической части и конусов штока должна соответствовать 7—8-му классам чистоты.

Овальность цилиндрической части штока допускается не больше 0,15 мм, конусность не больше 0,1 мм на 1000 мм длины.

Конусность обоих концов штока должна быть выполнена в соответствии с чертежом; отклонение не должно быть более 0,05 мм на 500 мм длины.

Размеры штока должны соответствовать указанным в чертеже.

Для повышения долговечности рекомендуется дополнительно к основной термообработке подвергать штоки поверхностной обработке т.в.ч. на глубину не больше 3—5 мм на сторону в зависимости от диаметра. После чистовой токарной обработки целесообразно подвергать штоки накатке по цилиндрической части и конусам.

Поршни штоков. Во всех последних конструкциях молотов поршень (головка) штока делается насадным.

Как показывает практика, наиболее подходящей сталью для изготовления поршней штоков является углеродистая сталь с содержанием углерода 0,45—0,55% (ГОСТ В-1050-41). Поршни, изготавливаемые из этой стали, не осаживаются на скалках и при этом не сильно изнашивают термически обработанные гильзы цилиндров.

Кроме неправильного выбора марки стали для изготовления поршня, осаживание может происходить по следующим причинам:

- 1) неправильный выбор величины конусности соединения поршня со скалкой;
 - 2) неточное изготовление конуса скалки или поршня;
 - 3) неправильный нагрев поршня перед посадкой на конус скалки штока.
- Рекомендуемые уклоны поршней и скалок приведены в табл. 276.

276. Уклоны и углы конусного сопряжения скалки штока с поршнем

Источник	Конусность	Угол конусности α
По техническим условиям СТЗ 1939 г.	1 : 16	3°35'
По техническим условиям, рекомендуемым А. А. Игнатовым [1]	1 : 14	4°
По техническим условиям ЧТЗ	1 : 24	2°20'

По технологии принятой на ЧТЗ, в холодном состоянии поршень должен садиться на скалку штока так, чтобы верхняя кромка скалки не доходила до торца поршня на 10—20 мм. Поверхность конусного отверстия поршня должна плотно прилегать к поверхности конуса скалки; плотность прилегания проверяют пластинкой щупа толщиной 0,05 мм.

Для посадки на скалку поршень нагревают до температуры 600°С без образования в отверстии поршня каких-либо следов окисины.

При недостаточном нагреве поршня при посадке верхняя часть скалки не сравняется с верхней (торцовой) плоскостью поршня. При перегреве на поверхности конусного отверстия поршня образуется окисина, которая, являясь своего рода смазкой, способствует осаживанию поршня.

Осаживание поршня может происходить в результате холостых жестких ударов, при увеличении веса падающих частей в результате применения высоких штампов и при большом весе поршня.

Для уменьшения веса поршня на верхней и нижней его торцовых поверхностях протачивают канавки.

Опыт эксплуатации паро-воздушных молотов показал, что рекомендовавшаяся ранее расчеканка скалки штока сверху над поршнем практически не только не нужна, но даже вредна, так как куски расчеканенного металла, отрываясь, вызывают задиры гильзы цилиндра и попадают в распределительные органы.

Поршневые кольца. Поршневые кольца должны возможно меньше изнашивать цилиндр молота, хорошо пружинить и прирабатываться к цилиндру, обладать большой прочностью, вязкостью и пластичностью. Поэтому материалом для изготовления поршневых колец паро-воздушных штамповочных молотов служит сталь. Применять кольца, изготовленные из чугуна, здесь не следует, так как они быстро разрушаются при ударах, что нередко приводит к серьезным повреждениям (задирам) стенок цилиндра.

Химический состав сталей, применяющихся для изготовления поршневых колец паро-воздушных молотов, приведен в табл. 277.

Поршневые кольца для паро-воздушных молотов обычно изготавливаются из кованных барабанов (обечайек), высота которых рассчитана на получение из одного барабана нескольких колец (табл. 278).

Термическая обработка обечайек для изготовления поршневых колец из стали 25:

1) нагрев до температуры 850—880°С при диаметре обечайки до 500 мм; нагрев до температуры 860—900°С при диаметре обечайки свыше 500 мм;

2) выдержка при этой температуре в течение 2 час.;

277. Химический состав сталей, применяющихся для изготовления поршневых колец паро-воздушных молотов

Источник	Марки сталей	Химический состав в %						
		C	Mn	Si	Cr	Ni	P	S
По техническим условиям, рекомендуемым А. А. Игнатовым [1]	35	0,30—0,40	—	—	—	—	—	—
По техническим условиям ЧТЗ	25	0,20—0,30	0,35—0,65	0,17—0,37	0,3	0,3	0,045	0,045
	20	0,15—0,25	0,35—0,65	0,17—0,37	0,3	0,3	0,045	0,045

278. Размеры барабанов (обечайек) для изготовления поршневых колец для штамповочных молотов (по данным ЧТЗ)

Вес падающих частей в кг	Минимальный внутренний диаметр гильзы в мм	Максимальный диаметр гильзы в мм	Наружный диаметр поковки в мм	Внутренний диаметр поковки в мм	Высота поковки в мм
750	264	284	297—315	238—230	200—250
800	270	292	300—322	260—230	200—250
1 000	280	305	311—336	255—245	200—250
1 500	375	415	440—446	340—330	200—250
2 000	385	415	440—446	360—350	200—250
2 500	435	464	495—515	410—400	200—250
3 000	450	480	510—530	425—415	250—300
4 000	500	530	565—585	470—460	250—300
6 500	610	658	680—700	580—570	250—300
9 000	710	755	785—810	670—660	250—300
12 000	812	848	885—910	770—755	250—300
15 000	836	872	915—935	790—780	250—300

- 3) охлаждение в воде;
 4) нагрев до температуры 520—550° С;
 5) выдержка при этой температуре в течение 4 час.;
 6) охлаждение в воздухе (твердость $H_B = 156 \div 187$).

Механическая обработка поршневых колец паровоздушных молотов. Существует несколько способов изготовления поршневых колец, отличающихся между собой разными способами получения необходимого пружинения их. Наиболее распространенными из них являются следующие два:
 1) выполнение механической обработки колец в два приема с обеспечением пружинения за счет окончательной обработки колец в сжатом виде;

2) выполнение механической обработки в один прием с обеспечением пружинения путем термофиксации.

Предварительные и окончательные размеры поршневых колец при обработке по первому способу приведены в табл. 279.

Механическая обработка поршневых колец по первому способу состоит из следующих основных операций:

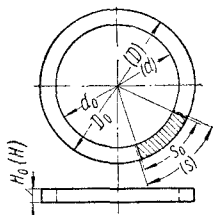
1) обточить обечайку по наружному диаметру до размера D_0 и по внутреннему диаметру до размера d_0 ;

2) подрезать торец обечайки с фаской по чертежу, подрезать вторую фаску по ширине кольца и отрезать кольцо (высотой H_0);

3) шлифовать отдельные кольца по торцу на окончательную высоту H ;

279. Предварительные и окончательные размеры поршневых колец при обработке по первому способу (в два приема)

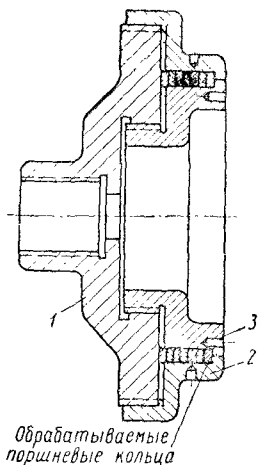
Вес падающих частей в кг														
	H	H_0	S	S_0	S'		D	d	D_0	d_0	D	d	D_0	d_0
	в мм						Основной размер в мм				Первая расточка цилиндра в мм			
750	6,5	7	2,5	18	1		264	245	277	242	270	251	283	248
800	6,5	7	2,5	18	1		270	251	283	248	276	257	289	254
1 000	6,5	7	2,5	20	1		280	261	294	260	286	287	300	266
1 500	8	9	3,5	24	1		375	353	395	350	385	363	406	360
2 000	8	9	3,5	24	1		385	366	408	365	395	376	418	375
2 500	9,5	10,5	5	45	2		435	416	461	418	444	425	470	427
3 000	9,5	10,5	5	48	2		450	431	477	434	460	441	514	470
4 000	9,5	10,5	5	48	2		500	475	530	475	510	485	540	485
6 500	13	14	5	60	2		610	580	640	588	622	592	652	600
9 000	13	14	5	60	2		710	672	744	676	722	684	756	688
12 000	14	15	6	70	2		812	772	849	779	824	784	861	791
15 000	15	16	6	70	2		836	796	873	803	848	808	885	815



4) вырезать по окружности предварительного обработанного кольца часть S_0 ;

5) установить кольца в приспособлении (фиг. 200) для окончательной обработки внутреннего диаметра и расточить их на диаметр d ;

6) зажать кольца в приспособлении внутренней прижимной гайкой, снять наружную гайку и обработать окончательно наружный диаметр кольца до размера D ;



Фиг. 200. Приспособление для окончательной обработки поршневых колец: 1 — корпус приспособления; 2 — наружная прижимная гайка (сменная); 3 — внутренняя прижимная гайка (сменная).

7) подогнать кольцо в месте разреза, снять слой металла на величину S' и зачистить заусенцы.

При изготовлении колец с помощью термофиксации кольца обрабатываются из обечайки на чистовой размер, соответствующий внутреннему диаметру гильзы цилиндра. Затем каждое кольцо разрезается в одном месте, раздается по диаметру на 2—3%, закрепляется в таком положении и выдерживается в печи при температуре 600°C в течение 2 час.

Бабы молотов. Вследствие больших напряжений бабы штамповочных молотов сильно изнашиваются и довольно часто ломаются.

Одним из видов поломок баб является образование трещины вдоль бабы по образующей конусного гнезда для штока с выходом в промежутке между зубьями направляющей части. Такие поломки происходят из-за плохого сопряжения конуса штока с соответствующей поверхностью гнезда бабы.

Указанному разрушению может способствовать недостаток конструкции бабы, когда конус гнезда для штока не заканчивается цилиндрическими уширениями верхней и нижней своих частей, как показано на фиг. 201. Это должно учитываться как при изготовлении новых, так и при ремонте старых баб.

Вторым более часто встречающимся видом поломок баб молотов является разрушение угла, начинающееся трещиной у замка для штампа и заканчивающееся полным отрывом всей нижней части бабы.

Наибольшему износу подвергаются поверхности замка для крепления штампов. Износ этих поверхностей приводит к необходимости производить ремонт баб интенсивно используемых штамповочных молотов через 50—75 смен.

Технические условия на ремонт замка бабы молота:

1) опорная плоскость (фиг. 201) замка должна быть перпендикулярна оси конусного отверстия для штока; отклонение допускается не больше $0,3\text{ мм}$ на 1000 мм длины;

2) прямая боковая грань 2 замка должна составлять с опорной плоскостью 1 угол, указанный в чертеже (чаще всего 83°); отклонение допускается не больше $0,05\text{ мм}$ по высоте замка;

3) угол между клиновой гранью 3 замка и опорной плоскостью 1 должен соответствовать предусмотренному чертежом (обычно 80°); отклонение допускается не больше $0,05\text{ мм}$ на высоте замка;

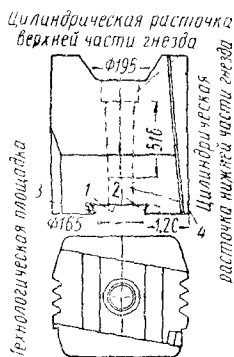
4) прямая боковая грань 2 замка должна быть параллельна боковой стороне 4 бабы; отклонение допускается не больше $0,3\text{ мм}$ на 1000 мм длины;

5) клиновидная грань 3 замка должна иметь уклон, предусмотренный чертежом, по отношению к прямой грани (обычно $0,01$); отклонение допускается не больше $0,1\text{ мм}$ на 1000 мм длины;

6) высота замка должна соответствовать чертежу; отклонение допускается только в меньшую сторону до $0,5\text{ мм}$;

7) чистота обработки поверхностей опорной плоскости 1 и боковых граней 2 и 3 замка должна соответствовать 7-му классу;

8) конусное отверстие для штока должно иметь указанный в чертеже уклон (по техническим условиям $1:48$); отклонение допускается не больше $0,03\text{ мм}$ на 500 мм длины.



Фиг. 201. Кованая баба 4-тонного штамповочного молота.

При износе конусного отверстия бабы ремонт его производится путем расточки конусного отверстия на цилиндрическое

280. Технология ремонта замка бабы

Наименование операции	База	Оборудование или приспособление	Способ выполнения
Наплавка боковых граней замка 2 и 3 * и шпоночного гнезда	Боковая сторона бабы	Электросварочный аппарат	Наплавка производится электродуговой сваркой электродами ЦМ-7
Строжка опорной плоскости 1 замка бабы на верность	Несрабатанная часть нижней плоскости бабы и ее боковые стороны	Продольно-строгальный	Баба устанавливается на станок замком кверху под угольник к боковым несрабатанным участкам нижней плоскости при помощи штангенрейсмуса. Боковая сторона бабы устанавливается параллельно ходу стола. Установка проверяется резцом по боковой стороне
Строжка нижней плоскости бабы	Простроганная опорная плоскость 1 замка	То же	Строгается с той же установки
Строжка прямой боковой грани 2 замка	Простроганная плоскость основания и боковая сторона бабы	"	Штангенциркулем от боковой стороны размечается боковая грань замка, строгается по шаблону. Операции 2--4 могут быть выполнены путем установки бабы на боковую сторону, замком к боковому суппорту с проверкой по ходу стола резцом бокового суппорта
Разметка клиновой грани 3 замка	Простроганная боковая грань и опорная плоскость замка	"	Клиновая сторона размечается от боковой грани замка в соответствии с чертежными размерами
Строжка клиновой грани 3 замка	Прямая боковая грань 2 замка и опорная плоскость замка	"	Баба устанавливается размеченным ребром клиновой грани замка по ходу стола. Установка проверяется при помощи реза, закрепленного в поперечном суппорте, путем передвижения стола
Разметка шпоночной канавки	Прямая грань замка и отверстие гнезда для штока	Разметочная плита	Разметка шпоночной канавки в соответствии с чертежом. За базу принимается простроганная прямая грань и центровая линия гнезда штока
Фрезерование шпоночного гнезда	По разметке и боковой грани замка	Расточной	Баба устанавливается на стол станка замком к шпиндельной бабке станка, боковой стороной на стол станка, нижней плоскостью параллельно планшайбе стола
Проверка правильности обработки	Боковая сторона бабы и конусное отверстие для штока	Разметочная плита	Баба устанавливается своей осью параллельно разметочной плите, направляющей стороной под угольник к столу. Осевая проверяется штангенрейсмусом от цилиндрических расточек в гнезде для штока. Нижняя плоскость бабы проверяется по угольнику от плоскости стола. Углы проверяются по шаблонам. Направляющие (зубья) проверяются при помощи цилиндрических оправок одинакового диаметра, закладываемых во впадины зубьев бабы

* Обозначения см. на фиг. 201

и постановки разрезной переходной втулки, как указано на фиг. 202.

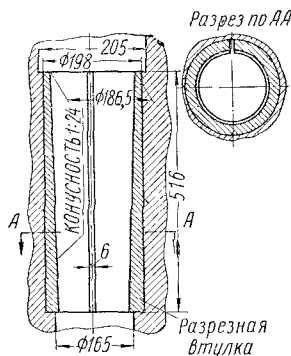
При выкрашивании в замке бабы стенок гнезда для шпонки, износе боковой грани замка более чем на 10 мм или при наличии небольших трещин угла замка ремонт боковой грани производится за счет прострожки в бабе соответствующего паз, изготовления и запрессовки вставки в этот паз при подогреве бабы на 300—400° С (фиг. 203).

При изготовлении вставки из стали 45Х и ее закалке достигается не только восстановление замка, но и повышение его износостойкости.

Материал баб молотов и технологий их изготовления. Бабы штамповочных молотов делаются кованные и литые. Бабы мелких молотов с весом падающих частей до 4 т включительно изготавливаются, как правило, кованными.

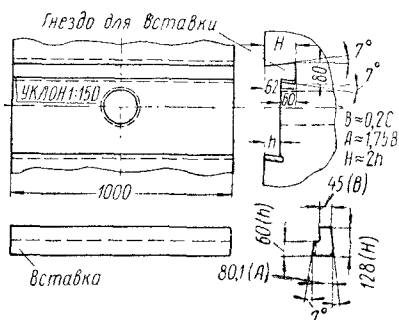
Бабы для более крупных молотов выполняются обычно литыми.

Химический состав сталей, применяемых для изготовления баб, и их механические свойства приведены в табл. 281.



Фиг. 202. Ремонт конусной расточки под шток у бабы 4-тонного штамповочного молота запрессовкой разрезной втулки.

Технические условия на поковку баб те же, что и для подцилиндровых плит из стали 45.



Фиг. 203. Ремонт замка бабы 4-тонного штамповочного молота запрессовкой вставки.

Формовка литых баб производится по модели в земле верхней частью вниз. Для достижения большей плотности бабу отливают с каркасом из стали, устанавливаемым в середину формы. Отливка производится без отверстия для штока.

Заливка металла в форму осуществляется или открытым способом, или через литники.

Технологический процесс изготовления литой бабы состоит из следующих опера-

281. Химический состав сталей для изготовления баб штамповочных молотов и их механические свойства

Источник	Химический состав в %						Механические свойства							
	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Другие эле- менты	Предел проч- ности в кг/см²	Предел текуч- ести в кг/мм²	Удлинение в %	Сужение пло- щади в %	Ударная вяз- кость в кг/м/см²	Твердость НВ
По техническим условиям, ре- комендуемым А. А. Игнатовым [1]	0,40— 0,50	0,50— 0,80	0,17— 0,37	Не более 0,045	Не более 0,045	0,3	—	—	52—54	25—27	18	50	2,0	217 *
	0,40— 0,50	0,50— 0,80	Не более —	Не более 0,045	—	—	—	—	Не ме- нее 55	—	Не ме- нее 12	—	—	207— 241 **
По техническим условиям ЧТЗ	0,40— 0,50	0,50— 0,80	—	—	0,045	—	—	—	Не ме- нее 55	—	—	—	—	—
	0,40— 0,50	0,50— 0,80	—	—	0,045	—	—	—	Не ме- нее 55	—	—	—	—	—
По техническим условиям ЧТЗ	0,40— 0,50	0,50— 0,80	—	—	0,055	—	1,0	Va C,3	Не ме- нее 55	—	Не ме- нее 10	—	—	207— 241
	0,40— 0,50	0,50— 0,80	—	—	0,055	—	—	—	Не ме- нее 55	—	—	—	—	—

* Сталь марки 45 по ГОСТ 1050-52. Механические свойства стали повышаются после соответствующей термообработки.

** Термообработка — отжиг с ускоренным охлаждением до механической обработки. После предварительной механической обработки кованая баба подвергается отжигу с ускоренным охлаждением, а литая — двойному отжигу с ускоренным охлаждением.

* Сталь марки 45 по ГОСТ 1050-52. Механические свойства стали повышаются после соответствующей термобработки.

** Термобработка — отжиг с ускоренным охлаждением до механической обработки. После предварительной механической обработки кованая баба подвергается отжигу с ускоренным охлаждением.

ций: отливки, отжига, черновой обработки боков, низа и верха, черновой расточки отверстия для штока, вторичного отжига, разметки, дальнейшей механической обработки (расточка отверстия для штока, строжка направляющих, обработка замка для установки штампа).

Поковка для изготовления кованой бабы должна быть прокована до уничтожения структуры литого слитка; обычно считается необходимым применять трехкратный уков.

При ковке заготовки бабы рекомендует- ся отрезать от слитка прибыльную часть (не менее 25% сверху слитка и 5% снизу), чтобы избежать попадания в поковку усадочной раковины, рыхлости, плен и других дефектов слитка.

Температураковки не должна быть выше 1200° С; кончать ковку рекомендует- ся при температуре не ниже 900° С; нельзя допускать большого перегрева заготовки бабы при ковке, а такжековки при пониженной температуре.

Изготовление кованых баб производится в такой последовательности: ковка бабы из слитка; отжиг послековки при температуре 870—900° С с медленным охлаждением в печи до 120—130° С; грубая механическая обработка; термообработка; окончательная механическая обработка.

Для повышения износостойкости поверхностей замка рекомендуется после окончательной механической обработки бабы подвергать их поверхностной закалке ацетилено-кислородным пламенем с охлаждением водой.

Технические условия на механическую обработку баб. Ось отверстия для штока должна быть перпендикулярна нижней плоскости бабы; отклонение допускается 0,15 мм на 1000 мм длины.

Опорная плоскость замка для штампа должна быть параллельна нижней плоскости бабы; отклонение допускается не больше 0,05 мм на 1000 мм длины.

Боковые плоскости бабы должны быть параллельны оси отверстия для штока; отклонение допускается 0,15 мм на 1000 мм длины.

Боковые плоскости бабы должны быть перпендикулярны нижней плоскости бабы; отклонение допускается не больше 0,15 мм на 1000 мм длины.

Боковые плоскости бабы должны быть взаимно параллельны; отклонение допускается не больше 0,2 мм на 1000 мм длины.

Направляющие бабы должны быть параллельны оси конусного отверстия для штока; отклонение допускается не больше 0,15 мм на 1000 мм длины.

Ось симметрии направляющих и ось отверстия в бабе должны лежать в одной плоскости; отклонение допускается 0,5 мм.

Конусность гнезда штока должна соответствовать указанной на чертеже (по техническим условиям ЧТЗ 1 : 24); отклонение допускается не больше 0,05 мм на 1000 мм длины.

Прямая грань замка бабы должна быть параллельна боковой стороне; отклонение допускается не больше 0,1 мм на длину замка.

Клиновья грань замка бабы должна иметь угол, указанный в чертеже (по техническим условиям ЧТЗ 1 : 100) по отношению к прямой грани замка; отклонение допускается не больше 0,1 мм на 1000 мм длины.

Прямая и клиновья грани замка должны составлять с опорной емкостью замка угол, обусловленный в чертеже; отклонение допускается не больше 0,05 мм на высоте замка.

Зубья направляющих бабы должны иметь углы, предусмотренные чертежом, отклонение допускается не больше 0,03 мм на высоте зуба.

Центровая линия шпоночного гнезда должна проходить через центр конусного отверстия для штока; допускается смещение не больше 1,0 мм. Все размеры должны соответствовать чертежу*.

Штамподержатели. Штамподержатели (соублоки, подштамповые подушки, шаботные вставки) относятся к числу быстроизнашивающихся и нередко ломающихся деталей, требующих частого ремонта и замены.

Поломки штамподержателей происходят обычно по углу замка и по плоскости основания. Они вызываются большими напряжениями, возникающими при работе молота, и плохой подгонкой основания штамподержателя к шаботу или его боковых граней к соответствующим плоскостям шабота. Наибольшему износу подвергаются нижняя и боковые грани замка штамподержателя.

Технология ремонта штамподержателей. Ремонт штамподержателя заключается в наварке боковых граней и строжке замка в размер, а плоскости основания — на верность.

Износ боковых граней определяется обмером от наружной стороны штамподержателя до ребра соответствующей грани замка и сравнением с размерами, указанными в чертеже.

Боковые грани замка наплавляют электродами ЦМ-7. При определении толщины наплавляемого слоя, кроме величины износа, должен учитываться припуск 5 мм для обработки. Наплавлять больше 10 мм не рекомендуется.

Нижняя (опорная) плоскость замка штамподержателя не наплавляется, а строгается «на верность». Боковые грани строгаются в размер. Базой для установки при строгании служат несработанные участки верхней плоскости штамподержателя и наружная прямая грань его.

Обработка замка и верхней поверхности штамподержателя производится по технологии и техническим условиям на ремонт изношенного замка бабы, приведенным выше.

* Об увязке размеров замка с размерами хвостовиков штампов см. ниже в разделе «Штамподержатели».

При наличии трещин в углах замка или износе боковых граней замка свыше 10 мм рекомендуется запрессовывать вставку, как это указано выше для ремонта замка бабы.

Материал штамподержателей. Для мелких и средних молотов штамподержатели изготавливаются коваными. Для крупных молотов, начиная с 10 т и выше, штамподержатели обычно делаются литыми из стали по техническим условиям на отливку шаботов.

Химический состав сталей, применяющихся для изготовления кованых штамподержателей, и механические свойства заготовок для них приведены в табл. 282.

Легированная хромистая сталь по техническим условиям, рекомендуемым А. А. Игнатовым, применяется для штамподержателей молотов с весом падающих частей до 5 т, углеродистая — от 5 т и выше.

При изготовлении заготовки штамподержателя слиток должен подвергаться ковке на прессах с уковкой (обжатием) не менее 3-х.

Нагрев и ковка должны происходить в температурных интервалах, допускаемых для данной стали.

Поковка штамподержателя не должна иметь на поверхности дефектов волосовин, закатов, плен, трещин и т. д. Допускается зачистка трещин и других дефектов на глубину не более 5—10 мм.

Термическая и механическая обработка штамподержателей. Послековки заготовка штамподержателя подвергается отжигу по температурному режиму, соответствующему данной марке стали.

Черновая механическая обработка выполняется с припуском 5—10 мм за исключением торцовых поверхностей, обрабатываемых в размер.

После черновой механической обработки заготовка штамподержателя подвергается термообработке — закалке и отпуску на твердость, указанную в табл. 282. Твердость нижней плоскости штамподержателя (опорной его части) должна быть не более $H_B = 207$. Для получения такой твердости нижняя плоскость штамподержателя подвергается дополнительному поверхностному отпуску.

Для удобства установки и снятия штамподержателя с помощью крана на торцовых его поверхностях просверливают отверстия диаметром 20—40 мм, глубиной 50—100 мм в зависимости от тоннажа молотов (для установки штырей).

282. Химический состав сталей для изготовления кованых штамподержателей и их механические свойства

Источник	Химический состав в %							Механические свойства						
	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Предел проч- ности в кг/мм ²	Предел те- кучести в кг/мм ²	Относитель- ное удлине- ние в %	Сужение пло- щадн в %	Ударная вяз- кость в кг·м/см ²	Твердость H _B	Примечания
По техническим усло- виям, рекомендуемым А. А. Игнатовым [1]	0,35— 0,45	0,50— 0,80	0,17— 0,37	Не более 0,04	Не более 0,04	0,80— 1,10	Не бо- лее 0,3	90	70	15	50	—	302—321	Механические свойства после термообработки
	0,45— 0,55	0,50— 0,80	0,17— 0,37	0,045	Не более 0,045	0,3	0,3	60	30	50	40	3,0	269—302	Механические свойства после нормализации
По техническим усло- виям ЧТЗ	0,40— 0,50	0,50— 0,80	0,17— 0,37	0,045	Не более 0,045	0,3	0,3	52—54	25—27	18	50	2,0	217	—

Длина штамподержателя не должна превышать длину выемки для него в шаботе. Если он будет короче, то собирающаяся на шаботе окалина и грязь будут попадать под штамподержатель и могут повредить поверхность выемки в шаботе и сопрягающуюся с ней поверхность штамподержателя. Более длинный штамподержатель при перемещении вследствие осадки той части, которая находилась в соприкосновении с шаботом, будет лежать неправильно, опираясь на неосаженную часть, что может повести к его поломке.

При установке штампа в штамподержатель он должен опираться только центральной частью хвоста (опорной поверхностью ласточкина хвоста); боковые части штампа не должны доходить до верхних поверхностей штамподержателя на 1—2 мм*. В противном случае при осадке штампа при работе молота штамп может оказаться опирающимся на крайние точки и будет работать на изгиб, что обычно ведет к поломке штампа.

Для предупреждения поломок штампов вследствие работы на изгиб из-за наличия отпечатков на нижней опорной плоскости замка штамподержателя твердость этой поверхности должна быть выше твердости центральной части хвоста штампа (опорной поверхности ласточкина хвоста).

Грундбусы и салыниковые втулки молотов. Грундбусы и салыниковые втулки молотов в настоящее время изготавливаются, как правило, из стали 45Х; стальные грундбусы вполне заменяют бронзовые при работе по закаленным штамкам твердостью $H_B = 286 \div 255$.

Детали механизма управления штамповочных молотов. Детали механизма управления штамповочных молотов чувствительны к износу, так как уже при небольшой их разработке нарушается управление молотом.

Для повышения долговечности рекомендуется пальцы и оси деталей управления делать из стали 45Х, подвергать закалке и по возможности заменять опоры скольжения в узлах управления роликами и шарикоподшипниками.

Ковочные молоты

По характеру своей работы (отсутствие жестких и эксцентричных ударов) ковные молоты испытывают меньшее напря-

жение и поэтому значительно меньше изнашиваются и ломаются, чем штамповочные.

Шаботы. Шаботы ковных молотов обычно служат в течение десятков лет. Более легкие условия работы шаботов ковных молотов позволяют изготавливать их из чугуна.

Материалом для шаботов служит чугун марки СЧ 21-40.

Ремонт шаботов молотов свободной ковки с весом падающих частей 1 т и выше производится чаще всего на месте при помощи переносных строгальных и фрезерных станков или вручную пневматическими рубильными молотками и шлифовальными машинами. Наплавка при ремонте чугунных шаботов не применяется. Шаботы обрабатываются по уровню, для чего поверхность замка под шаботную вставку (соублок) срубается и окончательно подгоняется по линейке и проверочной плите. Шаботы более мелких молотов при наличии соответствующего кранового оборудования снимаются с фундамента и строгаются на продольно-строгальных станках.

Станины. Станины небольших одностоечных молотов с весом падающих частей до 1 т изготавливаются из чугуна марки СЧ 21-40, т. е. того же качества, что и для шаботов; стойки станин крупных молотов, от 2 т и выше, часто делаются стальными. Технические условия на отливку стальных стоек те же, что и для штамповочных молотов.

Цилиндры. Цилиндры для ковных молотов обычно делаются из чугуна. Наиболее подходящим чугуном является чугун марки СЧ 28-48.

Для молотов с весом падающих частей более 2 т цилиндры часто отливаются из стали. Отливка таких цилиндров может производиться по тем же техническим условиям, что и для штамповочных молотов.

При изготовлении стальных цилиндров их обязательно снабжают чугунными гильзами. Чугунные цилиндры снабжают гильзами лишь на быстроходных молотах, занятых на массовой работе.

Ремонт цилиндров ковных молотов производится по той же технологии и техническим условиям, что и ремонт штамповочных молотов.

Бабы и шаботные вставки. Бабы и шаботные вставки (соублоки) ковных молотов с весом падающих частей до 2 т включительно изготавливаются кованными из стали 45. Для молотов с весом падающих частей более 2 т бабы и шаботные вставки отливаются из стали с содержанием 0,3—0,4% С или из стали

* Приведенные указания об увязке размеров замка штамподержателя с размерами хвостовиков штампов относятся также и к замкам баб молотов.

повышенного качества, применяющейся для отливки баб штамповочных молотов.

Штоки. Штоки для ковочных молотов изготавливаются обычно из малолегированных сталей.

Предпочтительно их делать из стали 40ХНА по техническим условиям, введенным для штоков штамповочных молотов. При более легкой работе допустима сталь 40Х. Закалку таких штоков следует производить при температуре 850°C , охлаждать в масле; отпуск производить с нагревом до 500°C с охлаждением в воде.

Штоки, изготовленные из указанной стали, должны удовлетворять следующим механическим показателям: предел прочности 100 кг/мм^2 ; предел текучести 80 кг/мм^2 ; удлинение 9% ; сужение площади поперечного сечения 45% ; ударная вязкость 6 кг/см^2 .

Детали пневматических молотов типа Беше. Ц и л и н д р ы. Ввиду ограниченной производительности своих компрессоров пневматические молоты очень чувствительны к износу рабочего и компрессорного цилиндров.

При износе рабочего цилиндра до 1 мм растачивается та часть цилиндра, где движется рабочий поршень, и без изменения оставляется нижняя часть его, куда заходит нижняя крышка цилиндра. Зазор в цилиндре компенсируется за счет увеличения диаметра поршневых колец, сам поршень оставляется без изменения. При расточке рабочей части цилиндра свыше 1 мм цилиндр растачивается по всей длине. Базами для проверки являются посадочные места верхней и нижней крышек и торцовые плоскости цилиндра — верхняя и нижняя.

При расточке цилиндра овальность допускается не больше $0,1\text{ мм}$, конусность на длине цилиндра не больше $0,15\text{ мм}$. Качество обработки должно соответствовать 8-му классу чистоты.

Расточка цилиндров молотов типа Беше производится обычно на горизонтально-расточном станке и при отсутствии такого станка требующихся размеров — при помощи переносного расточного приспособления.

При установке станины молота для расточки цилиндра правильность ее установки на станке проверяется индикатором по неизношенным поверхностям рабочего цилиндра.

Если при проверке оказывается, что торцовые плоскости цилиндра неперпендикулярны его оси (отклонение допускается не более $0,05\text{ мм}$ на диаметре

крышки цилиндра), то одновременно с расточкой цилиндра с той же установки обрабатываются и эти плоскости.

Нижняя крышка цилиндра должна плотно сидеть в рабочем цилиндре, зазор допускается не больше $0,05\text{ мм}$ на диаметр.

Зазор верхней крышки допускается не больше $0,1\text{ мм}$ на диаметр. При расточке цилиндра для компенсации получившегося зазора в посадочных местах для крышек последние увеличиваются в диаметре путем проточки и напрессовки на них специальных колец.

При расточке рабочего цилиндра более чем на 1 мм для уменьшения зазора между поршнем и цилиндром поршень штока протачивается и на него напрессовывается в горячем виде кольцо соответствующего наружного диаметра.

При расточке цилиндра компрессора базой является нижняя горловина и посадочное место для крышки компрессора. Зазор между поршнем и горловиной не должен превышать $0,15\text{ мм}$ на диаметр, поэтому при расточке компрессорного цилиндра обязательно изготовление нового поршня.

Шток-баба. Шток на молотах типа Беше одновременно является бабой; верхний боек устанавливается в замке, выполненном непосредственно в нижнем его конце.

Шток-баба у молотов этого типа делается относительно редко. Шток-баба делается обычно коваными из стали 45.

Технические условия на механическую обработку шток-бабы. Несосность внутренней полости штока и его наружной поверхности допускается не более $0,15\text{ мм}$ на длине внутренней полости штока.

Основание замка должно быть перпендикулярно осевой штока; отклонение допускается не больше $0,2\text{ мм}$ на 1000 мм длины.

Направляющие плоскости штока должны быть параллельны его оси; отклонение не должно быть больше $0,1\text{ мм}$ на длине направляющей плоскости штока.

Направляющие плоскости должны быть взаимно параллельны; отклонение может быть допущено не более $0,1\text{ мм}$ на их длине.

Направляющие плоскости должны быть на одинаковом расстоянии от центра штока бабы; допускаемое отклонение $0,1\text{ мм}$ на всей их длине.

Верхние крышки рабочего цилиндра изготавливаются из чугуна повышенного качества марки СЧ 28-48; технические условия на отливку те же, что и для цилиндров ковочных молотов.

Поршневые кольца рабочего цилиндра изготавливаются из стали марок 20 или 25, обрабатываются в два приема, как для штамповочных молотов (стр. 333).

Поршень цилиндра компрессора отливается из того же чугуна, что и крышка рабочего цилиндра.

Поршневые кольца цилиндра компрессора делаются из чугуна, обрабатываются в два приема, как для штамповочных молотов. Для поршневых колец применяется чугун следующего состава: 3,0—3,7% С; 1,5—1,9% Si; 0,5—1,2% Мп; <0,3% Р; <0,1% S; 0,3% Ni; <0,3% Cr.

Коленчатые вала поршневых колец применяются одной из деталей молотов типа Беше, наиболее часто выходящей из строя. Коленчатый вал изготавливается кованым из стали 45. Технические условия на механическую обработку коленчатых валов см. ниже.

Технические условия на механическую обработку коленчатого вала. Оси коренных шеек и шейки кривошипа должны быть параллельны; отклонение допускается не больше 0,1 мм на 500 мм длины.

Коренные шейки не должны иметь овальности больше 0,03 мм.

Шейка кривошипа не должна иметь овальности более 0,04 мм.

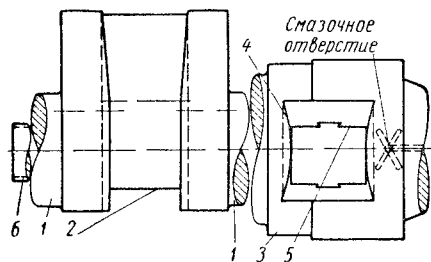
Конусность шеек допускается не больше 0,02 мм на всей их длине.

Биеие шеек не должно превышать 0,03 мм.

Шейки должны быть обработаны по 9-му классу чистоты.

Горизонтально-ковочные машины

Коленчатые вала. Одной из наиболее дорогих деталей ковочных машин, нередко выходящей из строя, является коленчатый вал машины. Причиной выхода из строя коленчатого вала чаще всего бывает перегрузка машины из-за избыточной величины заготовки, низкой температуры штампуемой детали и иногда из-за защемления заготовки между ползунами.



Фиг. 204. Основные рабочие поверхности коленчатого вала ковочной машины: 1 — коренные шейки; 2 — кривошипная шейка; 3 — шейка гнезда пальца включения; 4 — замок под заглушку; 5 — гнездо пальца включения; 6 — шпоночный паз.

Существующие предохранительные устройства в виде ломающихся шатунов и фрикционных муфт не гарантируют коленчатый вал от перегрузки, так как их регулировка трудно контролируется.

Большие напряжения, приводящие к поломке вала, иногда являются следствием

несовершенной конструкции вала — наличия резких переходов в напряженных сечениях или несоответствия размеров его сечений.

Коленчатые вала ковочных машин изготавливаются обычно из стали 45. Технические условия на поковки валов такие же, как для баб штамповочных молотов.

Технические условия на механическую обработку коленчатого вала. Коренные шейки и шейка кривошипа должны быть параллельны; отклонение допускается не более 0,05 мм на длине шейки кривошипа.

Коренные шейки должны иметь форму правильной окружности; овальность допускается не больше 0,075 мм.

Овальность шейки кривошипа допускается не больше 0,15 мм.

Биеие шеек коренных подшипников допускается не больше 0,1 мм.

Биеие шеек кривошипа допускается не больше 0,15 мм.

Конусность шеек коренных подшипников допускается не больше 0,06 мм на их длине.

Конусность шейки кривошипа не должна быть больше 0,075 мм на ее длине.

Грани шпоночных канавок должны быть параллельны осевой; отклонение допускается не больше 0,05 мм на их длине.

Обработка поверхностей коренных шеек и шейки кривошипа должна быть выполнена по 8-му классу чистоты, а посадочных мест по 7-му классу.

Размеры вала должны соответствовать чертежу.

Высадные ползуны. В процессе эксплуатации ковочных машин ползуны их, в том числе высадные, подвергаются значительному износу. Больше всего изнашиваются боковые стенки ползунов, нижняя часть направляющих плеч, хвостовые направляющие и гнездо для штамподержателя.

Технические условия на ремонт высадного ползуна. Боковые рабочие плоскости ползуна должны быть взаимно параллельны; отклонение допускается по длине и высоте не больше 0,15 мм.

Непараллельность боковых граней хвоста не должна превышать 0,05 мм на длине хвоста.

Боковые грани хвоста должны быть параллельны боковым сторонам ползуна; допускается отклонение не больше 0,1 мм на длине хвоста.

Верхние плоскости плеч должны быть параллельны нижним плоскостям; отклонение допускается не больше 0,04 мм по длине плеч и не больше 0,02 мм по ширине.

Перпендикулярность нижней плоскости плеч к боковой стороне обязательно; отклонение допускается не больше 0,05 мм на высоте ползуна.

Боковые грани гнезда пуансонодержателя должны быть параллельны боковой стороне ползуна; отклонение допускается не больше 0,15 мм по высоте и ширине гнезда.

Боковые грани гнезда пуансонодержателя должны быть взаимно параллельны; отклонение допускается не больше 0,2 мм.

Центровая гнезда пуансонодержателя должна совпадать с центральной ползуна; отклонение допускается не больше 0,5 мм.

Отверстие для пальца шатуна должно быть перпендикулярно боковой стороне; допускается отклонение не больше 0,15 мм на длине боковой стороны ползуна.

283. Технология механической обработки коленчатого вала ковочной машины (фиг. 204)

Наименование операции	База	Станок или приспособление	Способ выполнения
Предварительная разметка	Осевая линия поковки	Разметочная плита	Вал устанавливается параллельно плите, размечается осевая; путем обмера при помощи конциркуля и линейки выясняется пригодность поковки для изготовления вала по чертежу
Обточка коренных шеек и других поверхностей, расположенных на одной оси с ними	Поковка и разметка	Специальный станок для обработки коленчатых валов или токарный универсальный станок	Поковка крепится в четырехкулачковых патронах передней и задней бабок. Установку проверяется при помощи рейсмуса, на патроны крепятся соответствующие контргрузы для балансировки вала, шейка с отверстием для пальца 3 включения обрабатывается с припуском 6 мм на диаметре, остальные шейки — в размер по чертежу
Обработка шейки 2 кривошипа	Коренные шейки	То же	Вал смещается в патронах на необходимый эксцентриситет, балансируется соответствующими грузами на патронах. Проверка ведется по проточенным коренным шейкам 1. Направление вертикальной плоскости, в которой устанавливаются коренные шейки 1 и шейка 2 кривошипа, указывается двумя угольниками, установленными на станине станка на постоянном расстоянии от обработанных концов вала
Разметка шпоночных канавок 6 и гнезда для заглушки 4	Обработанные поверхности по оси коренных подшипников	Разметочная плита	Вал устанавливается параллельно разметочной плите, штангенрейсмусом на уровне осевой вала проводится риска, соответствующая центральным линиям шпонок, штангенрейсмусом размечаются верхние и нижние грани шпонок и замок для заглушки
Фрезерование шпоночных канавок	Обработанная поверхность вала и разметка	Одностанный (консольный) продольно-строгальный станок	Шпоночные канавки фрезеруются на одноколонном продольно-строгальном станке с помощью фрезерной головки. Вал устанавливается вдоль стола параллельно его ходу. Параллельность проверяется штангенрейсмусом со стола и индикатором на боковом суппорте по проточенным шейкам
Строжка замка под заглушку	Обработанные поверхности и разметка	То же	Вал устанавливается поперек стола станка размеченным основанием замка параллельно поверхности стола; проверка производится штангенрейсмусом от стола резцом на поперечном суппорте по осевой вала; замок строгаются по разметке; углы проверяются по шаблону
Разметка отверстия для шпонки включения	Замок заглушки	Разметочная плита	Вал устанавливается на плиту простроганной площадкой основания замка заглушки перпендикулярно плите (под угольник), при помощи штангенрейсмуса и угольника размечаются грани площадки гнезда
Сверление и расточка отверстий в гнезде для шпонки включения	Замок заглушки и разметка	Горизонтально-расточной	Вал устанавливается параллельно столу станка, плоскостью под заглушку, перпендикулярно столу и шпинделю станка, сверлится и грубо растачивается сквозное отверстие для дальнейшей строжки гнезда
Строгание гнезда для пальца включения	То же	Одноколонный продольно-строгальный	Вал устанавливается поперек станка параллельно столу и traversе, основанием замка заглушки перпендикулярно столу. При помощи оправки, закрепленной в суппорте, строгаются гнездо для пальца включения
Подгонка и крепление заглушки	Замок для заглушки	Рабочее место и сверлильный	Ручная слесарная подгонка заглушки по месту, сверление отверстий по месту, нарезание резьбы и крепление заглушки

Продолжение табл. 283

Наименование операции	База	Станок или приспособление	Способ выполнения
Чистовая обработка шейки для пальца включения	Обработанные коренные шейки вала	Токарный	Вал устанавливается концами в оба патрона станка, выверяется по обработанным коренным шейкам, балансируется контргрузами, шейка протачивается в чертежный размер
Отрезка концов вала	Обработка места и подрезка	Дисковая пила	Оба конца вала предварительно по длине прорезаются на небольшую глубину на токарном станке, окончательно отрезаются на пиле
Сверление отверстий для смазки	Обработанные поверхности и разметка	Горизонтально-расточной	Вал устанавливается параллельно столу станка, сверлится по центру и по разметке
Зачистка заусенцев	То же	Рабочее место слесаря	Вручную производится зачистка заусенцев и вырубка смазочных каналов
Проверка выполненной обработки	"	Разметочная плита	Проверка производится по чертежам и техническим условиям

Плечи ползуна должны быть взаимно параллельны, отклонение допускается не больше 0,05 мм на длине плеч.

Ползуны ковочных машин отливаются из стали с содержанием углерода 0,2—0,3% по техническим условиям для отливок станин штамповочных молотов.

Прочие изнашивающиеся детали. К числу быстроизнашивающихся деталей ковочных машин относятся такие детали, как шестерня электродвигателя, пальцы включения, сухари и сегментные планки, вкладыши и втулки.

Шестерня электродвигателя изготавливается обычно наборной из чередующихся между собой пластин текстолита и латуни (латунь в практике часто заменяется мягкой сталью). Долговечность шестерни зависит от точности установок и состояния находящегося с ней в зацеплении зубчатого венца маховика.

Палец включения, сухари и сегментные планки воспринимают большие давления и удары. Для повышения долговечности их рекомендуется изготавливать из стали 18ХНВА или 12ХНЗ, цементовать изнашиваемые поверхности на глубину 2—2,5 мм, закалить и отпускать на твердость $R_C = 47 \div 49$.

Указанные детали при износе ремонтируются путем наплавки изношенных мест твердым сплавом Сормайт 2, с зачисткой шлифовальной машинкой.

При повторном ремонте перед наплавкой твердого сплава наплавляют промежуточный слой из нержавеющей стали.

Вкладыши шатуна, втулки приводного вала, втулки большей шестерни и бронзовые плоские направляющие наиболее сильно подвержены износу. Для уменьшения их износа необходимо поддерживать в порядке систему смазки, оградить трущиеся поверхности от попадания пыли и грязи, не допускать чрезмерных зазоров между трущимися поверхностями, ограничивать овальность цапф.

Бронзовые втулки целесообразно заменять биметаллическими со слоем бронзы 3—5 мм, бронзовые пластины — стальными, наваренными обычным электродом, обвитым сверх обмазки проволокой красной меди толщиной 1,5—2,5 мм.

Скользящие подшипники приводного вала и большей шестерни ковочных машин целесообразно заменять при ремонте игольчатыми.

Паро-гидравлические прессы

Паро-гидравлические прессы с точки зрения ремонта являются наиболее надежным видом кузнечно-прессового оборудования.

Полумки гидравлических цилиндров, колонн или других крупных деталей пресса представляют исключительно редкие явления.

Рабочий цилиндр. При необходимости рабочий цилиндр отливается из стали марки 25-Л по техническим условиям на отливку станин штамповочных молотов.

Плунжеры. Под воздействием воды и посторонних тел, попадающих в цилиндр, на теле плунжера часто появляются царапины и риски. Для предохранения сальника от быстрого износа плунжер в таких случаях протачивается начисто до вывода указанных канавок. Работа выполняется на токарном станке. Плунжер протачивается только по рабочей части; низ плунжера, входящий в цилиндрическое гнездо траверсы, обработке при этом не подвергается.

Ось плунжера должна совпадать с центром нижней его части; отклонение допускается 0,1 мм; конусность должна быть не больше 0,15 мм на длине проточенной части.

Материалом для плунжера может служить чугун марки СЧ 21-40, но для увеличения долговечности плунжеры лучше делать коваными из стали 45Х с последующей закалкой в масле при температуре 840°С и отпуском до 500°С.

Штоки мультипликаторов. Как и плунжер, шток мультипликатора при износе и особенно при появлении борозд даже небольшого сечения способен выводить из строя уплотняющие его манжеты и изнашивать сальниковую набивку. Ремонт штока мультипликатора производится проточкой до удаления царапин.

Штоки мультипликаторов для уменьшения износа рекомендуется делать из стали 40ХН или другой легированной стали по приведенным выше техническим условиям на поковку и термообработку штоков штамповочных молотов.

Для повышения поверхностной твердости штока рекомендуется производить отпуск при пониженной температуре (350—400°С).

Втулки и грунбуксы штока мультипликатора. Эти детали обычно изготавливаются из бронзы Бр. АЖ 9-4. Для увеличения долговечности целесообразно делать их биметаллическими со слоем бронзы 3—5 мм на стальной основе.

Кривошипные прессы

Коленчатые валы. Поломки коленчатых валов прессов имеют место сравнительно редко. Износу подвержены главным образом коленчатые валы мелких быстроходных прессов преимущественно в той части, которая сопряжена с деталями включения в виде подвижных шпонок, муфт и т. д. Поэтому гнезда валов, где помещаются шпонки включения, полезно упрочнять электроискровой обра-

боткой, а при ремонте наплавлять электродами типа Сормат 2 с последующим шлифованием гнезда на шлифовальном станке. Реже имеет место износ шейки кривошипа и коренных шеек.

Крупные прессы (давлением в 300 т и выше) работают без замены и ремонта валов по 10—15 лет и больше. На менее мощных прессах износ коренных подшипников и шейки кривошипа наступает значительно раньше, и такие валы приходится периодически ремонтировать.

Ремонт коленчатых валов заключается в проточке коренных и кривошипных шеек, в наплавке и шлифовании гнезд для пальцев и шпонок включения, прострожке плоскостей для скользящих муфт включения.

Технология ремонта в основном соответствует приведенной выше для коленчатых валов ковочных машин.

Для обработки небольших валов можно пользоваться обычными токарными станками без специальных патронов на задней бабке. В таком случае для размещения центра кривошипной шейки приходится напрессовывать или приваривать к валу вспомогательное технологическое кольцо или планку, которые по выполнении работы удаляются. До установки на станок на технологической планке или кольце размечаются осевые линии и засверливается центр для задней бабки.

Технические условия на ремонт коренных шеек коленчатых валов.

Овальность коренных шеек и шейки под большую шестерню допускается не больше 40—60% указанного в чертеже допуска на обработку соответствующей шейки.

Конусность каждой из шеек не должна превышать 0,01—0,02 мм на 100 мм длины.

Непараллельность центровых кривошипных шеек и центральной коренных не должна превосходить 0,03—0,05 мм на 100 мм длины.

Чистота поверхности коренных и кривошипных шеек должна соответствовать 8-му классу чистоты.

Шейки, обработанные под посадку, должны соответствовать 7-му классу чистоты.

Плоскости под подвижную муфту должны быть параллельны, отклонение допускается не больше 0,03 мм на 100 мм длины.

Гнезда для шпонок должны быть параллельны осевой вала, отклонение допускается не больше 0,05 мм на 100 мм длины.

Размеры и допуски должны соответствовать чертежу.

Поковки для коленчатых валов изготавливаются по техническим условиям на поковки баб из стали 45.

Втулки и вкладыши коренных подшипников коленчатого вала средних прессов до 300 т давления допускается изготавливать из антифрикционного чугуна следующего состава: 3,2—3,6% С; 2,2—2,4% Si;

0,6—0,9% Мп; <0,15% Р; <0,08% S; 0,3—0,4% Ni; 0,2—0,35% Сг.

Подшипники из антифрикционного чугуна требуют особенно качественной чистовой обработки поверхности по 10-му классу чистоты, хорошего сопряжения трущихся поверхностей и обильной непрерывной смазки.

Вкладыши шатуна часто выходят из строя, и их рекомендуется делать из бронзы Бр. АЖ 9-4 или еще лучше из биметалла.

Шатуны кривошипных прессов при наличии частей поломов рекомендуется делать не из чугуна, а из стали с содержанием 0,3—0,4% С, с пределом прочности 50 кг/мм². Отливки отжечь при температуре 880—900° С.

Детали механизма включения. К деталям, подверженным быстрому износу, относятся пальцы включения, сухари, шайбы включения и фрикционные диски.

Сухари. Уменьшению износа сухарей способствует увеличение их рабочей площади, улучшение качества материала и его термообработки.

Технические условия на ремонт и изготовление сухой механизм включения. Сухари должны плотно сидеть в своих гнездах, зазор допускается не больше 0,02 мм; плоскости сухарей должны быть перпендикулярны торцовой плоскости шайбы, отклонение не больше 0,01 мм на высоте сухаря.

Рабочая плоскость сухарей должна проходить через центр шайбы; допускаемое отклонение не больше 0,05 мм.

Рабочие плоскости двух противоположных сухарей должны лежать на одной прямой; допускаемое отклонение не более 0,05 мм.

Рабочие плоскости смежных сухарей взаимно перпендикулярны; допускается отклонение не больше 0,03 мм на длине сухаря. При сопряжении шайбы с муфтой включения сухари должны соприкасаться, отдельные зазоры не должны превышать 0,05 мм.

Твердость сухарей должна быть $R_C = 44$, временное сопротивление не меньше 100 кг/мм².

Сухари для мелких прессов изготавливаются из стали 45Х, закаливаются в масле при температуре 840° С, отпускаются при температуре 340—350° С.

Для тяжелых работ сухари рекомендуется изготавливать из легированных сталей с цементацией, как указано выше для ковочных машин. При ремонте сухари наплавляются электродами Сормайт 2 и шлифуются.

Диски фрикционные. Диски после проточки рихтуются и шлифуются; отклонение прямоугольности допускается 0,01 мм на 100 мм диаметра. Наружные и внутренние шлицы проверяются по шаблону. На диски приклепляется пресованное ферродо, изготовленное в виде колец или секторов соответственно размерам дисков. Заклепки для этой цели обычно

изготавливаются из трубок красной меди 4 × 6 мм; ферродо зенкуется; трубки расклепываются впопай.

Материалом для дисков служит чугун СЧ 21-40 или листовая сталь марок 20 или 45.

РЕМОНТ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ МАШИН

Общие требования к материалам

Металлоконструкции грузоподъемных машин и детали механизмов согласно Правилам устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов Госгортехнадзора должны изготавливаться из марганцевой стали. Марки и качество стали (обыкновенная углеродистая, углеродистая повышенного качества — мостовая или низколегированная), а также виды плавки (кипящая или спокойная) принимаются по Государственным общесоюзным стандартам, а для грузоподъемных машин, изготовление которых не регламентировано ГОСТ, по техническим условиям на проектирование, утвержденным министерством или ведомством, в систему которого входит проектирующая организация. Качество примененного материала должно быть подтверждено сертификатом завод-поставщика металла.

Чугунное литье не ниже марки СЧ 15-32 по ГОСТ 1412-54 в соответствии с указанными Правилами Госгортехнадзора может применяться для изготовления:

а) червячных колес у кранов и подъемных механизмов с машинным приводом, предназначенных для легкого режима эксплуатации, при окружной скорости червяка не свыше 1,5 м/сек;

б) зубчатых, червячных и ходовых колес грузоподъемных машин с ручным приводом;

в) барабанов, корпусов редукторов, блоков и червячных колес с ободом из бронзы независимо от рода привода грузоподъемной машины.

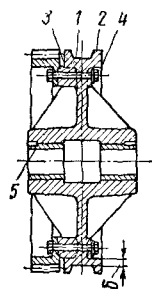
Материалы, применяемые для изготовления основных деталей механизмов грузоподъемных машин, приводятся ниже в разделах, излагающих технологию и способы их ремонта.

Ходовые колеса

Ходовые колеса грузоподъемных машин с машинным приводом могут быть стальными или чугунными с надетыми на них стальными бандажами. У грузоподъемных

машин с ручным приводом ходовые колеса могут изготавливаться из чугуна.

Если толщина обода ходового колеса δ (фиг. 205) в результате износа поверхности 1 катания уменьшилась на 20%, а ширина реборды на 30% против первоначальных размеров, предусмотренных чертежом, колеса восстанавливают автоматической электронаплавкой под слоем флюса на специальном агрегате, а при отсутствии такового — ручной электронаплавкой.



Фиг. 205. Ходовое колесо с шестерней.

После наплавки колеса обтачиваются по поверхностям 1 и 2 на станке (по размерам чертежа). Установку на станке следует вести по поверхностям 3 и 4. При этом поверхность 5 расточки должна быть концентрична поверхности 1 катания и перпендикулярна торцовой плоскости 4.

Диаметры поверхностей катания должны быть у парных колес равными. Допускаемое отклонение 0,0005 диаметра.

Между ребордами колеса и шириной подкранового рельса должен быть обеспечен зазор: для колес, имеющих осевое перемещение (в подшипниках скольжения), 10—20 мм; для колес без осевого перемещения (в подшипниках качения) 20—30 мм.

Отдельные несквозные трещины в ходовых колесах допускается заваривать электросваркой, предварительно расчистив трещины зубилом под заварку.

Если на ведущих ходовых колесах имеется износ отверстий крепления зубчатого венца, эти отверстия развешивают совместно с зубчатым венцом, а болты притачивают по отверстиям.

Грузозахватные органы

Грузовые кованные и штампованные крюки должны изготавливаться в соответствии с требованиями ГОСТ 2105-53 «Крюки однорогие и двуроги. Технические условия».

Размеры и основные параметры кованных и штампованных крюков должны приниматься в зависимости от типа крюка и рода привода грузоподъемной машины по одному из следующих ГОСТ:

а) ГОСТ 6626-53 «Крюки однорогие для грузоподъемных механизмов с ручным приводом»;

б) ГОСТ 6627-53 «Крюки однорогие для грузоподъемных механизмов с машинным приводом»;

в) ГОСТ 6628-53 «Крюки двуроги для грузоподъемных механизмов с машинным приводом».

Пластинчатые грузовые крюки изготавливаются в соответствии с ГОСТ 6619-53 «Крюки пластинчатые однорогие и двуроги».

Изготовление специальных кованных и штампованных крюков и петель должно производиться по техническим условиям ГОСТ 2105-53, а изготовление специальных пластинчатых крюков — по техническим условиям ГОСТ 6619-53.

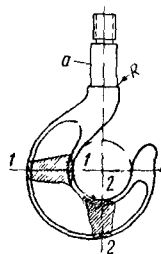
Изготовленные крюки и петли должны иметь на установленном месте клейма завода-изготовителя и грузоподъемность.

Заварка или заделка дефектов крюков во время их изготовления не допускаются. Крюк, имеющий износ зева, равный 10% первоначальной высоты, к работе не допускается.

Величину износа зева крюка определяют в месте опасного его сечения 1—1 и 2—2 (фиг. 206). Если крюк имеет износ, превышающий 3% высоты этих сечений, вопрос дальнейшей эксплуатации крюка решается в каждом отдельном случае проверочным расчетом.

Крюки грузоподъемных механизмов, у которых в процессе работы образовался износ (истирание в виде канавок) на поверхности зева крюка (в местах наложения чалочно-захватных приспособлений), могут быть восстановлены путем наплавки металла. Для этого применяются качественные электроды типа Э-42 по ГОСТ 2523-51 с обмазкой ОММ-5 или УМ-7. Работа по наплавке должна поручаться сварщику, имеющему удостоверение на право выполнения ответственных сварочных работ. Крюки, восстановленные наплавкой, желательно подвергнуть термообработке. Наплавлять хвостовую часть крюка категорически воспрещается.

Резьба крюка должна иметь полный профиль. Сорванные нитки и вмятины,



Фиг. 206. Грузовой крюк.

препятствующие навинчиванию гайки, не допускаются.

При осмотре крюка следует проверить галтель R на шейке a , которая должна быть выполнена строго по чертежу. Подрезы и заниженный радиус R не допускаются.

Клещи и захваты для груза, кроме грейферов, должны изготавливаться ковкой или штамповкой из мартеновской стали. Запас прочности в материале этих деталей относительно предела текучести должен быть не менее 2,2. Губки клещей и захватов для предупреждения выскальзывания груза должны быть снабжены насечкой или зубьями. Изготовление траверс и коромысел может производиться путем сварки или клепки. Литые клещи и захваты, а также траверсы и коромысла применять запрещается.

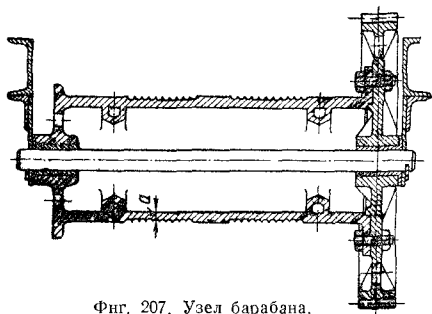
Клещи, захваты, траверсы и коромысла должны иметь клейма завода-изготовителя и грузоподъемности.

Барабаны

Крановые барабаны изготавливают из стального и чугуна литья. При ремонте кранов, чтобы не изготавливать модели, вместо литых барабанов могут применяться сварные.

Литые стальные барабаны изготавливают из стали марки 35Л по ГОСТ 977-53, чугунные — из чугуна марки СЧ 15-32 по ГОСТ 1412-54.

Для изготовления сварных барабанов применяются стали марок Ст. 3 и Ст. 5, а также сталь 20 и сталь 35.



Фиг. 207. Узел барабана.

Образование трещин на цилиндрической части барабана или какие-либо поломки на этой части вызывают необходимость замены барабана новым. Незначительные трещины на вертикальной стенке или ступице барабана можно заваривать газовой сваркой или электросваркой электродами с качественной обмазкой типа

Э-42 по ГОСТ 2523-51 в зависимости от материала барабана. Барабаны металлургических кранов при наличии трещин заменяются новыми.

Износ поверхности винтовой канавки допускается в пределах 10% первоначальной толщины стенок барабана a (фиг. 207). Для определения толщины стенки разрешается просверлить отверстие диаметром 5—6 мм.

Поверхность канавок барабанов после обработки должна быть чистой и без неровностей, которые могут повредить проволоку каната.

Блоки

Блоки обычно изготавливают из чугунного или стального литья. Блоки небольшого диаметра (до 350 мм) можно изготавливать из поковок. Блоки диаметром более 350 мм изготавливают из стального литья марки 45-5516 для кранов на тяжелом режиме работы и из чугуна литья марки СЧ 15-32 для нормального режима.

При ремонтах вместо литых блоков нередко применяют сварные. Сварные блоки изготавливаются из листовой стали марок Ст. 3 или Ст. 5.

Износ ручьев блоков проверяют специальными профильными шаблонами. Если величина износа меньше 15%, блок протачивают, так как неравномерный износ ручья блока сокращает срок службы каната. При износе ручья более 15%, а также при наличии трещин в ободке блок подлежит замене.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ

Замена деталей, изготовленных из цветных металлов или их сплавов, биметаллическими (сталь или чугун + цветной металл или сплав) является одним из эффективных мероприятий по экономии цветных металлов. Применение биметаллических деталей, обеспечивая резкое сокращение расхода цветных металлов (в 4—10 раз), в большинстве случаев одновременно способствует и улучшению эксплуатационных качеств машин, так как сроки службы биметаллических деталей, почти как правило, оказываются выше (особенно при тонкослойной заливке).

При точном соблюдении всех технических требований и технологического процесса сцепление залитого металла со стальной заготовкой получается настолько прочным, что отслаивание его при испы-

тании происходит лишь при очень больших нагрузках. Трещины и излом при испытании биметаллических деталей под прессом возникают обычно не в пограничной зоне, а в толще основного или залитого металла.

Прочное сцепление двух металлов в биметалле получается или за счет диффузии одного металла в другой, или вследствие молекулярного сцепления их частей. Диффузия зависит от температуры заливаемого сплава и основного металла и содержания углерода в последнем. При применении для изготовления биметаллических деталей стали с большим содержанием углерода скорость диффузии замедляется. Поэтому заготовки для биметаллических деталей обычно делают из стали с содержанием углерода 0,1—0,2% (стали марок 10 и 20) и лишь при необходимости нарезки резьбы прибегают к сталям с более высоким содержанием углерода (стали марок 30 и 35). Наличие окисла на заливаемой поверхности заготовки также замедляет и может полностью исключить диффузию одного металла в другой. Для предупреждения этого окислы с заливаемой поверхности необходимо тщательно удалять механическим или химическим путем и принимать меры к предохранению ее от окисления в процессе заливки (применение флюсов, восстановительной атмосферы и т. п.).

Менее прочным получается соединение залитого металла с основным у биметаллических деталей, состоящих из чугуна и цветного сплава. Для повышения прочности сцепления наплавленного слоя с чугуном необходимо, чтобы он имел возможно меньше структурно свободного графита, а металлическая его основа содержала большее количество феррита. Таким чугуном является чугун с перлитно-ферритной основой.

Для увеличения прочности сцепления наплавленного слоя с чугунной заготовкой, кроме применения соответствующего чугуна, рекомендуется также на внутренней поверхности заготовки для увеличения площади соприкосновения заливаемого металла с чугунной основой нарезать резьбу.

В ремонтном деле биметаллические детали обычно изготавливаются или заливкой расплавленного цветного металла (сплава) в неподвижную заготовку (метод стационарной заливки), или центробежным методом.

Значительно реже используется для изготовления биметаллических деталей

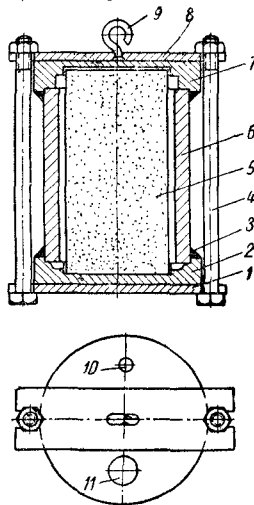
метод наплавки или напайки цветных сплавов газовой горелкой и электросваркой*. Ввиду большой трудоемкости этого метода он применяется главным образом для восстановления крупных биметаллических деталей, например бронзостальных и баббитовых подшипников**.

Метод стационарной заливки

При изготовлении биметаллических деталей методом стационарной заливки, т. е. заливкой в неподвижные формы, требуемая толщина и конфигурация заливаемого слоя получаются за счет земляной формы или стержня, в пространство между стенками которых и заготовкой заливается расплавленный цветной металл (сплав).

В случае изготовления этим методом биметаллических втулок сборка форм производится следующим образом.

Стальная или чугунная заготовка втулки, выполненная в виде гильзы, зажимается между поддоном 2 (фиг. 208) и крышкой 7 при по-



Фиг. 208. Собранная форма для изготовления биметаллической втулки методом стационарной заливки: 1 — нижняя поперечница; 2 — поддон; 3 — уплотнительная замазка; 4 — стяжные болты; 5 — стержень; 6 — заливаемая стальная заготовка; 7 — крышка; 8 — верхняя поперечница; 9 — рым-болт; 10 — отверстие для выхода газов; 11 — отверстие для заливки формы.

мощи стяжных болтов 4 и поперечин 1 и 8. Внутри заготовки гильзы пред-

* См. раздел «Сварка и наплавка металлов», стр. 75.

** О технологии заливки баббитовых подшипников см. в главе II, стр. 446.

варительно устанавливается стержень 5. Правильное положение стержня и заливаемой втулки, требующееся для получения одинаковой толщины слоя заливки, обеспечивается наличием в крышке и поддоне соответствующих центрирующих расточек. Перед установкой заготовки и стержня внутренние поверхности крышки и поддона покрывают тонким слоем графито-асбестовой замазки (смесь, составленную из 50% графитового порошка и 50% асбестового прокаленного порошка, разбавляют водой до сметанообразного состояния), а внутреннюю поверхность заготовки при наличии следов окисления зачищают наждачной бумагой. Замасленные заготовки подвергаются также обезжириванию (вывариванием в течение 10 мин. в 10%-ном растворе каустической соды и в течение 10 мин. в кипящей воде).

Стыки между поддоном, заготовкой и крышкой промазывают графито-асбестовой замазкой.

Для предупреждения образования окарины на наружной поверхности заливаемой заготовки в результате нагревания при заливке расплавленного металла ее рекомендуется покрывать краской, составленной из 60% графита и 40% мела, разведенных водой.

После сборки формы замазке и краске дают подсохнуть в сушильном шкафу или вблизи печи.

Предупреждение окисления заливаемой поверхности и нарушения в результате этого плотности сцепления залитого металла с основным обеспечивается созданием внутри формы восстановительной атмосферы. Наиболее просто это может быть достигнуто путем применения стержней, изготовленных из смеси: древесного угля в порошке 50%, глины серой 15% и формовочной земли 35%. При нагревании перед заливкой формы с таким стержнем до температуры 900—950° С внутри нее автоматически создается восстановительная атмосфера окиси углерода, являющейся в пределах температур 645—685° С и выше энергичным восстановителем окислов железа.

При изготовлении стержней отмеренные в указанных количествах материалы смешивают сухими и затем увлажняют настолько, чтобы комок, обмятый руками, не давал трещин при падении с высоты 0,5 м.

Стержень формуют в обычном шишальном ящике, сушат при 80—90° С 2 часа и еще 2 часа при 180—200° С, после чего окрашивают для заглаживания не-

ровностей массой того же состава, но более мелкого помола.

Расплавление сплава производят в плавленном горшке (тигле) или небольшой электротопке обычным образом.

Залитые формы оставляют на воздухе для охлаждения до темно-красного каления, после чего их разбирают и выбивают стержни.

При применении сильно ликвирующих сплавов (например, бинарных свинцовистых бронз) формы немедленно после заливки должны быть подвергнуты энергичному охлаждению (со скоростью от 100 до 400° С в минуту).

Центробежный метод заливки

Центробежная заливка имеет ряд серьезных преимуществ по сравнению с заливкой в стационарные формы. В результате уплотнения сплава под действием центробежной силы в залитом слое отсутствуют газовые и шлаковые включения, значительно выше оказываются механические свойства залитого слоя и чистота его поверхности. Благодаря более высокой, чем при стационарной заливке, скорости охлаждения залитый слой имеет мелкозернистую структуру.

К числу экономических преимуществ центробежной заливки относится отсутствие приливолей и литников, что значительно сокращает расход цветных металлов, а также отсутствие необходимости изготавливать стержни. Последнее резко снижает трудоемкость изготовления биметаллических деталей и уменьшает требующиеся для организации их производства площади и затраты.

Указанные преимущества метода центробежной заливки явились причиной все большего его распространения в ремонтном деле.

При центробежной заливке качество залитого слоя и прочность его сцепления с металлом заготовки в большой степени зависят от окружной скорости вращения заготовки в процессе заливки. Нормальной окружной скоростью при центробежной заливке бронз является 5—6 м/сек на наибольшем диаметре заливки.

Числа оборотов заготовки при изготовлении биметаллических втулок приведены в табл. 284.

При заливке центробежным методом сильно ликвирующих сплавов, например бронз типа Бр. С30, Бр. С38 и т. п., в результате большой разницы в удельных весах компонентов может получаться зна-

284. Скорости вращения заготовки при центробежной заливке бронзы

Наибольший диаметр заливки в мм	Окружные скорости заготовки в м/сек				
	4	4,5	5	5,5	6
	Числа оборотов заготовки в минуту				
40—50	1900—1500	2100—1700	2400—1900	2600—2100	2900—2300
60—70	1300—1100	1400—1200	1600—1400	1800—1500	1900—1600
80—90	1000—800	1100—1000	1200—1100	1300—1200	1400—1300
100—110	800—700	900—800	1000—900	1100—1000	1200—1100
120—140	600—500	700—600	800—700	900—800	1000—800
160—190	500—400	550—450	600—500	650—550	700—600
220—250	350—300	400—350	450—400	500—400	500—450

чительная неоднородность залитого слоя. Для предупреждения этого прибегают к снижению скорости вращения заготовки при заливке, а также принимают такие меры, как ускорение охлаждения детали, предохранение сплава от газонасыщения, уменьшение толщины заливаемого слоя и др., затормаживающие процесс ликвации и позволяющие снизить до минимума неоднородность залитого слоя по его сечению.

Изготовление биметаллических деталей центробежным методом может осуществляться заливкой расплавленного металла (сплава) во вращающуюся заготовку и путем расплавления шихты внутри заготовки с последующим вращением ее или при одновременном вращении заготовки.

Изготовление биметаллических втулок заливкой жидкого металла во вращающуюся заготовку. По существу этот метод изготовления биметаллических втулок не отличается от изготовления цельнометаллических втулок центробежным способом. Разница заключается лишь в том, что в данном случае расплавленная бронза заливается не во вращающийся кокиль, а во вращающуюся заготовку втулки.

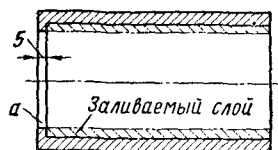
Данный способ является одним из производительных и универсальных способов изготовления биметаллических деталей.

Процесс изготовления биметаллических втулок этим способом заключается в следующем.

Заготовка биметаллической втулки, выполненная в виде стальной или чугуновой гильзы, обезжиривается в растворе каустической соды и промывается в воде; внутренняя ее поверхность покрывается кашицей бурой. После этого заготовка нагревается в горне или печи до 650—700° С. В процессе нагрева заготовка посыпается порошкообразной бурой.

Нагретая до указанной температуры заготовка устанавливается на центробежную машину. По достижении необходимого

числа оборотов (табл. 284) внутрь заготовки по желобу подается определенная порция расплавленного сплава, достаточная для получения требующейся толщины слоя заливки. Чтобы поданный внутрь заготовки сплав не вытекал, с одной стороны гильзы делается буртик, высота которого должна быть на 1—2 мм больше толщины заливки (фиг. 209), другая же сторона, прилегающая к плоскости па-

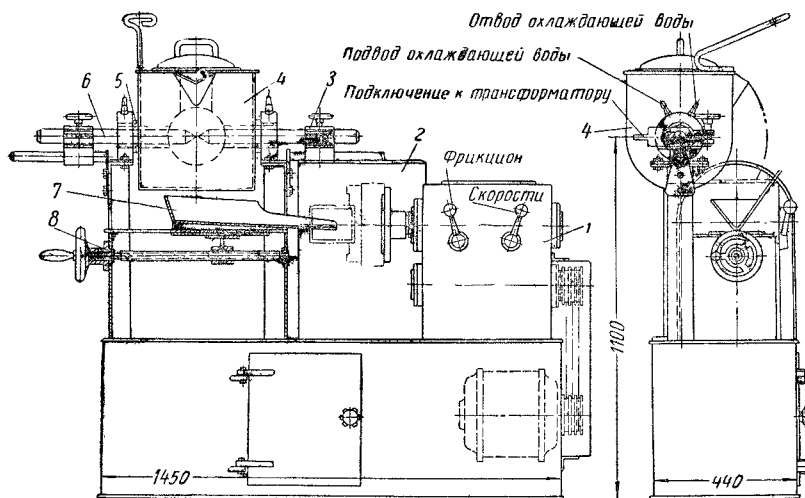


Фиг. 209. Заготовка для изготовления биметаллической втулки заливкой расплавленного сплава центробежным методом: а — буртик, препятствующий вытеканию сплава при заливке.

трона центробежной машины, уплотняется при закреплении заготовки в патроне асбестовой прокладкой.

Широкому распространению данного способа в ремонтном деле препятствовало то, что для изготовления биметаллических деталей, кроме центробежной машины, печи или горна для предварительного подогрева заготовок перед заливкой, в данном случае необходима еще плавильная печь. Это создавало определенные трудности в организации участков по изготовлению биметаллических деталей в ремонтно-механических цехах, связанные со сложностью получения печей, необходимостью выделения значительных площадей, а также противопожарными ограничениями.

Эти трудности удалось практически устранить созданием конструкции малогабаритной установки, совмещающей в одном агрегате машину для центробежной заливки и небольшую электро-



Фиг. 210. Установка для изготовления биметаллических втулок заливкой расплавленного металла во вращающуюся заготовку: 1 — трехскоростной редуктор; 2 — защитный кожух; 3 — электродержатели; 4 — электродуговая печь; 5 — пустотелые цапфы печи; 6 — угольные электроды; 7 — желоб для подачи расплавленного сплава в заготовку; 8 — винт перемещения желоба.

плавильную печь (фиг. 210)*. Малые размеры этой установки ($600 \times 1700 \times 440$ мм) позволяют размещать ее не только в ремонтно-механических цехах, но даже в цеховых ремонтно-механических мастерских.

Центробежная машина установки состоит из смонтированного на сварной станине трехскоростного редуктора, обеспечивающего вращение шпинделя со скоростями 940, 1880 и 2920 об/мин, и желоба 7, по которому подается при заливке жидкий металл. Желоб перемещается при помощи винта 8. Для предохранения от брызг жидкого металла машина снабжена защитным кожухом 2 со смотровым стеклом.

Заливаемые втулки закрепляются на шпинделе машины с помощью самоцентрирующего патрона, снабженного специальными кулачками.

Плавильная часть агрегата представляет собой установленную на станине центробежной машины электродуговую печь 4, питающуюся от сварочного трансформатора СТЗ-34 со сварочным регулятором РСТЗ-34. Печь поворачивается на двух пустотелых цапфах 5, на которых она может поворачиваться при сливе металла.

Сквозь цапфы внутри печи проходят угольные электроды 6, крепящиеся в специальных держателях 3, охлаждаемых водой.

Установка имеет следующую техническую характеристику.

Полезный объем печи в кг	10
Диаметр электродов в мм	40
Сила тока в а	540
Напряжение в в	56
Мощность в квт	24
Скорость плавления бронзы в мин.	20—30
Размеры заливаемых втулок в мм:	
диаметр	50—180
длина	50—180
Производительность втулок в час	3—5

Кинематическая и электрическая схемы установки приведены на фиг. 211.

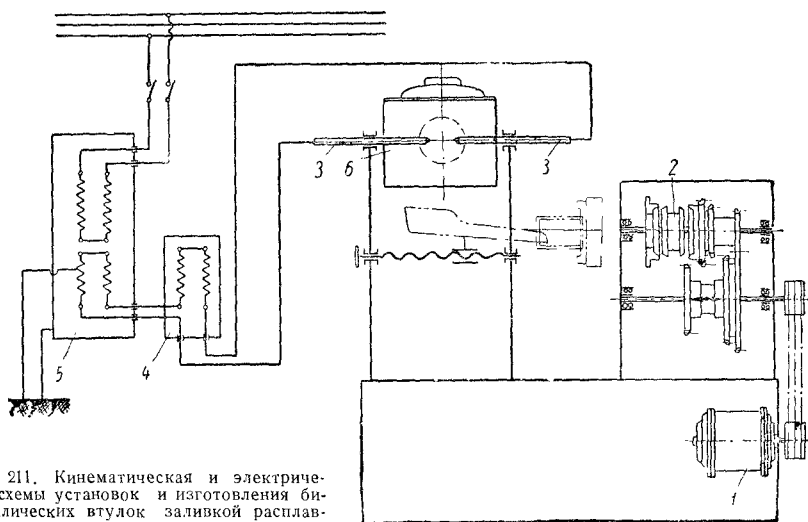
Загрузка печи шихтой производится после ее предварительного подогрева. В качестве шихты могут быть использованы бронзовый лом и брикетированная стружка (размер брикетов 60×70 мм)**.

Плавление бронзы производится при закрытой крышке печи и уплотненных асбестом цапфах, через которые проходят электроды.

При установке нагретой до указанной температуры заготовки в патрон центробежной машины между последним и гиль-

* Конструкция данной установки разработана ремонтной службой Днепродзержинского вагоностроительного завода имени газеты «Правда».

** Брикетирование стружки может производиться под фрикционным прессом или молотом; перед брикетированием стружка должна быть тщательно очищена от посторонних примесей и смочена жидким стеклом.



Фиг. 211. Кинематическая и электрическая схемы установок и изготовления биметаллических втулок заливкой расплавленного металла во вращающуюся заготовку: 1 — электродвигатель; 2 — фрикцион; 3 — графитовый электрод; 4 — сварочный регулятор РСТЭ-34; 5 — сварочный трансформатор СТЭ-34; 6 — электропечь.

зой кладется асбестовая прокладка, необходимая для предотвращения выброса металла. После этого в закрепленную в патроне заготовку вводится конец жelloба.

Заливка производится по достижении заготовкой полных оборотов. При этом вручную наклоняют печь, из которой расплавленная бронза поступает по желобу внутрь заготовки.

Отсутствие необходимости закрывать заготовки втулок с торцов при заливке специальными крышками не только обеспечивает уменьшение трудоемкости процесса производства биметаллических втулок в результате исключения операций по изготовлению крышек, привариванию их и последующему удалению, но, что не менее важно, позволяет, поскольку залитая поверхность доступна для осмотра, проверять качество заливки непосредственно после ее выполнения и при обнаружении брака исправлять его.

Существенным преимуществом изготовления биметаллических втулок заливкой жидким металлом является также и универсальность установки, работающей по данному способу. Кроме изготовления биметаллических втулок, используя только плавильную часть агрегата, возможно отливать в кокиль бронзовые палки для мелких втулок и мелкие детали, которые не могут быть изготовлены биме-

таллическими. При необходимости изготовления особо крупных биметаллических втулок, для заливки которых емкость плавильной печи установки оказывается недостаточной, используется центробежная машина агрегата.

С помощью центробежной машины такие втулки могут быть изготовлены путем расплавления бронзы внутри заготовки, нагревом ее в печи, так называемым «печным способом».

Изготовление биметаллических втулок с расплавлением шихты внутри заготовки. Изготовление биметаллических втулок таким методом может производиться с нагревом в печах (так называемый «печной способ»); электрической дугой внутри заготовки (электродуговой способ) и нагревом т. в. ч. Все эти три способа получили известное распространение в практике ремонтно-механических цехов и имеют свои области применения.

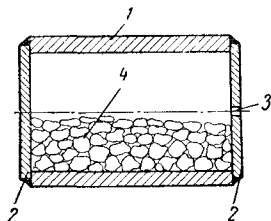
Печной способ в настоящее время имеет наибольшее распространение в ремонтном деле для изготовления бронзостальных биметаллических втулок.

В ремонтных цехах этот способ обычно осуществляется следующим образом.

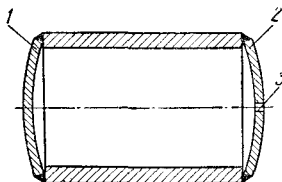
Стальная заготовка втулки заполняется бронзовой стружкой или кусками бронзы, полученными от разделки старых, изношенных бронзовых деталей, и закрывается с обеих торцов крышками из листового

железа, которые закрепляются при помощи сварки (фиг. 212).

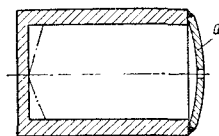
Для предупреждения отрыва и разрыва крышек при нагревании рекомендуется делать их сферическими, как показано на фиг. 213. Толщина крышек и стрела



Фиг. 212. Заготовка биметаллической втулки, подготовленная к расплавлению шихты нагревом в печи: 1 — заготовка; 2 — крышки; 3 — отверстие для выхода газов; 4 — шихта.



Фиг. 213. Заготовка биметаллической втулки: 1 и 2 — крышки; 3 — отверстие для выхода газов (шихта условно не показана).



Фиг. 214. Заготовка биметаллической втулки с глухим дном и сферической верхней крышкой α (шихта условно не показана).

прогиба их зависят от диаметра заготовки (табл. 285).

285. Толщина и стрела прогиба крышек
Размеры в мм

Диаметр заготовки	Толщина крышки	Стрела прогиба крышки
25—50	3—5	2
51—75	5—8	3
76—100	5—8	4
101—150	8—10	6
151—200	10	9
201—250	10—15	12
251—300	15	15

В одной из крышек делается отверстие для выхода газов диаметром 4—5 мм.

Если заготовка изготавливается из трубы, а из пруткового материала, ее можно делать, как показано на фиг. 214, с глухим дном. Для этого при обработке отверстие недосверливают на величину, равную нормальной толщине крышки (по табл. 285). При малых размерах отверстия торец дна подрезается зенкером, а при больших — растачивается.

Перед заполнением заготовки шихтой внутренняя поверхность заготовки для обеспечения прочного сцепления с ней бронзы подвергается химической обработке, состоящей из следующих операций:

1) травления в течение 3—5 мин. 70—75%-ным раствором технической соляной кислоты до матово-серого цвета и отсутствия пятен путем протирки внутренней поверхности заготовки кистью, смоченной

в кислоте, или погружения заготовки в ванну с кислотой;

2) промывки в проточной воде при 15—20° С;

3) окончательной нейтрализации соляной кислоты и удаления жиров промывкой в щелочной ванне с 5%-ным раствором каустической или кальцинированной соды при

температуре 80—90° С в течение 5—10 мин.;

4) промывки от щелочи в горячей (желательно проточной) воде при температуре 80—90° С в течение 3—5 мин.;

5) погружения заготовки в 3%-ный раствор буры при температуре 70—80° С на 5 мин. для предохранения очищенной заготовки от окисления при последующей обработке;

6) сушки заготовки в электросушильном шкафу при температуре 120—150° С в течение 10—15 мин.;

7) обмазки горячей заготовки внутри ровным слоем концентрированного раствора буры при помощи кисти (насыщенный раствор буры составляет раствором 150 г буры в 200 см² холодной воды); при нанесении раствора буры на горячую поверхность заготовки происходит испарение воды, и на стенках гильзы откладывается ровный белый слой буры, защищающий сталь от окисления при последующем нагреве заготовки до высокой температуры.

Вес бронзы, закладываемой в заготовку, рассчитывается по формуле

$$G = 1,1 \pi \frac{D^2 - d^2}{4} l \gamma,$$

где G — вес бронзы; 1,1 — коэффициент, учитывающий потребность на заливы и потери на пробу (потери на угар отсутствуют); D — внутренний диаметр заготовки; d — внутренний диаметр отлитой втулки (определяется исходя из припуска на обработку 2,5 мм); l — длина заготовки; γ — удельный вес бронзы.

К точно отвешенным порциям бронзы добавляется сухой толченый березовый уголь в количестве 1% веса бронзы и такое же количество сухой прокаленной и просеянной буры. Буря добавляется в шихту в качестве флюса, древесный же уголь обеспечивает создание внутри заливаемой гильзы восстановительной атмосферы, предохраняющей стенки гильзы от окисления.

Заварка крышек должна производиться плотным швом, а при заливке свинцовистыми бронзами — двойным плотным швом. Ввиду трудности контроля качества сварных швов приварку крышек необходимо поручать высококвалифицированному сварщику.

Подготовленные под нагрев заготовки должны быть обработаны в тот же день, так как уголь и буря могут отсыреть и стенки гильзы покрыться ржавчиной.

Нагрев заготовки для расплавления в ней бронзовой шихты может производиться в любой нагревательной или термической печи, обеспечивающей температуру 1200° С, необходимую для расплавления бронзы.

Заготовку, поставленную вертикально, сначала подогревают на пороге печи, после чего передвигают в зону нагрева при 1160—1200° С (табл. 286). Конец нагрева характеризуется сравнением цвета заготовки с цветом стенок и пода печи (добела).

286. Среднее время нагрева заготовок диаметром 90—200 мм для расплавления бронзовой шихты в мин.

Вид бронз	У порога печи	В зоне нагрева	Всего
Оловянистые	10	20	30
Свинцовистые	10	15	25

По расплавлении бронзы заготовка устанавливается на центробежную машину, с помощью которой ей сообщается вращение с числом оборотов, обеспечивающим равномерное распределение расплавленной бронзы по внутренней поверхности заготовки под действием центробежной силы (табл. 284). Вращение заготовки продолжается до затвердевания бронзового слоя (700—750° С).

Таким образом, для изготовления биметаллических втулок по данному способу нет необходимости изготавливать специальные установки и приспособления. Требуемое в данном случае оборудование

всегда имеется в наличии на большинстве заводов, что дает возможность организовать изготовление биметаллических втулок без капитальных затрат.

Эти обстоятельства, т. е. доступность данного способа изготовления биметаллических втулок для ремонтных служб большинства заводов, явились главной причиной его широкого распространения.

Однако наряду с указанными достоинствами этот способ имеет и ряд существенных недостатков, главными из которых являются следующие:

1) большая трудоемкость изготовления биметаллических втулок, определяющаяся в значительной степени выполнением операций по изготовлению и привариванию крышек и их последующему удалению;

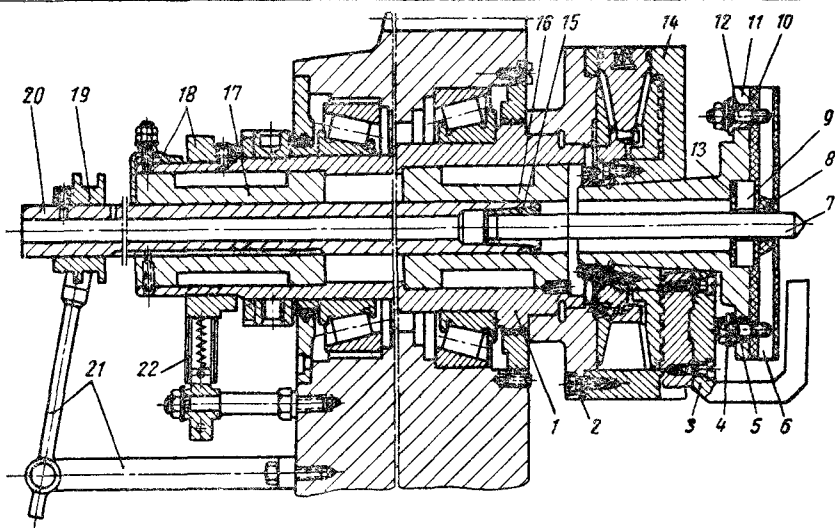
2) относительно низкая производительность, связанная с достаточно большим временем, требующимся для расплавления бронзы внутри каждой заготовки, и с невозможностью при разных размерах заливаемых втулок обеспечить непрерывную подачу заготовок с расплавленной бронзой на центробежную машину из-за различного времени, требующегося на расплавление в них бронзы;

3) потери металла в связи с необходимостью давать значительные припуски по длине втулок для отрезания приваренных крышек;

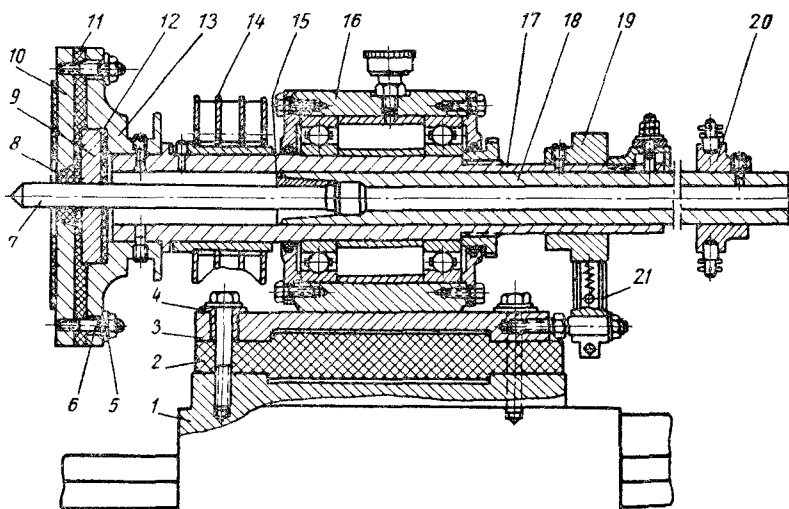
4) невозможность обнаружения брака заливки и его исправления до удаления приваренных крышек, после того как они срезаны.

Электродуговой способ изготовления биметаллических втулок является наиболее производительным, однако применение этого способа требует изготовления более сложных установок по сравнению с описанными выше.

При данном способе расплавление шихты производится электрической дугой внутри вращающейся заготовки. Для этого заготовка втулки, заполненная шихтой, составленной из кусков бронзы или бронзовой стружки и буры в количестве 1,5—2% веса бронзы, устанавливается и центрируется в трехкулачковом патроне шпиндельной бабки специально приспособленного токарного или револьверного станка и зажимается между двумя планшайбами, одна из которых своим конусным хвостовиком вставлена в коническое отверстие шпинделя передней бабки (фиг. 215), другая надега на смонтированный на шарикоподшипниках шпиндель задней бабки (фиг. 216). Сквозь отверстие в шпинделях и планшайбах, зажимающих заготовку



Фиг. 215. Передняя бабка установки для изготовления биметаллических втулок электродуговым способом: 1 — шпилька; 2 — планшайба; 3 — кулачки; 4 и 5 — изоляционные (миканитовые) втулки; 6 — диск; 7 — электрод; 8 — графитовая втулка; 9 — изоляционная керамическая шайба; 10 — изоляционная асбестовая прокладка; 11 — фланец; 12 — шпилька; 13 — асбестовая шайба; 14 — трехкулачковый патрон; 15 — сменная разрезная втулка для крепления электрода; 16 и 17 — втулки для центрирования и направления электрододержателя; 18 — контактное кольцо; 19 — муфта устройства для подачи электродов; 20 — электрододержатель; 21 — рычажная система механизма подачи электродов; 22 — контактные щетки.



Фиг. 216. Задняя бабка установки для изготовления биметаллических втулок электродуговым способом: 1 — салазки суинорта станка; 2 — текстолитовая изолирующая плита; 3 — основание задней бабки; 4 — изоляционные втулки крепежных болтов; 5 — изоляционная шайба; 6 — изоляционная (миканитовая) втулка; 7 — электрод; 8 — графитовая втулка; 9 — керамическая шайба; 10 — диск; 11 — изоляционная асбестовая прокладка; 12 — асбестовая шайба; 13 — планшайба; 14 — вентилятор; 15 — сменная разрезная втулка для крепления электрода; 16 — корпус задней бабки; 17 — шпилька; 18 — электрододержатель; 19 — контактное кольцо; 20 — муфта устройства для подачи электродов; 21 — контактные щетки.

втулки с торцов, внутрь ее пропускаются электроды, вставленные в электрододержатели, представляющие собой бронзовые или латунные трубы с конусными разрезными втулками на конце, служащими для закрепления электродов. К обоим шпинделям через щетки и контактные кольца подведен электрический ток.

С помощью передней бабки, позволяющей изменять число оборотов шпинделя в зависимости от диаметра заливаемой втулки, заготовке сообщается вращение с окружной скоростью 4—6 м/сек (табл. 284), после чего электроды сближаются для возбуждения электрической дуги, обеспечивающей расплавление находящейся внутри заготовки бронзовой шихты. Для равномерного прогрева шихты и заготовки по всей ее длине после возбуждения дуги электроды постепенно разводят, увеличивая длину дуги до длины втулки. Если длина втулки настолько велика, что это сделать невозможно (при длине втулки более 150 мм), то для обеспечения равномерности нагрева и плавления оба электрода и горящую между ними дугу медленно перемещают внутри заготовки по оси вращения. Для этого установка снабжена специальным приспособлением, позволяющим перемещать оба электрода поворотом одной рукоятки.

Лучшие результаты дает применение графитизированных электродов, но при их отсутствии могут использоваться и угольные электроды*. Диаметр электродов и

287. Диаметр электродов для наплавки втулок электродуговым способом

Диаметр отверстия во втулке в мм	Диаметр электродов в мм
До 75	13
Св. 75 до 100	16—19
100 — 125	19—22
" 125 — 150	22—25
" 150 — 175	25—30
" 175 — 200	25—30

288. Сила тока, рекомендуемая при разных диаметрах электродов

Диаметр электрода в мм	Рекомендуемая сила тока в а
13	100—110
16	120—160
19	150—250
22	200—300
25	250—350
30	250—350

* Электроды можно изготовлять из отходов электродов электросталеплавильных печей путем их механической обработки.

сила тока, рекомендуемые при изготовлении втулок разных диаметров, приведены в табл. 287 и 288.

Увеличение силы тока сверх указанных в табл. 288 величин ведет к перегреву электродов, появлению на них трещин и быстрому износу.

Конец плавки можно определить по цвету наружной поверхности заливаемой заготовки. К концу заливки заготовка по всей длине приобретает ярко-желтый цвет. После этого питание дуги прекращают, а втулку продолжают вращать в течение нескольких минут до полного затвердевания бронзы (пока наружная поверхность втулки не станет темно-вишневого цвета).

При заливке чугуновых заготовок бронзой во избежание оплавления внутреннего слоя чугуна плавку нужно вести на пониженной силе тока и не допускать местных перегревов. Толщина стенок чугунных заготовок должна быть не менее 12—13 мм.

Для предупреждения вытекания расплавленного металла между торцами заготовки и плоскостями планшайб, которыми она зажимается, ставятся прокладки из листового асбеста или на торцы заготовки надеваются специальные технологические крышки с отверстиями в центре для пропуска электродов. Применение крышек обеспечивает более надежные результаты.

Чтобы расплавленный металл не прилипал к поверхности шайб, их покрывают тонким слоем порошкообразного графита, смешанного с жидким стеклом.

Надлежащее уплотнение торцов может быть получено лишь тогда, когда плоскость их строго перпендикулярна оси заготовки. Поэтому точности выполнения заготовок в этом отношении должно уделяться особое внимание.

Питание электрической дуги может осуществляться несколькими способами:

1) непосредственно от сети при напряжении между фазой и нулем 220 или 127 в;

2) от сети через трансформатор (поскольку на трансформатор здесь подается линейное напряжение, ток снижается в 1,73 раза);

3) от трансформатора, в качестве которого используется асинхронный мотор; при этом статор включается на две фазы и служит первичной обмоткой, а ротор используется как вторичная обмотка; ток регулируется поворотом ротора;

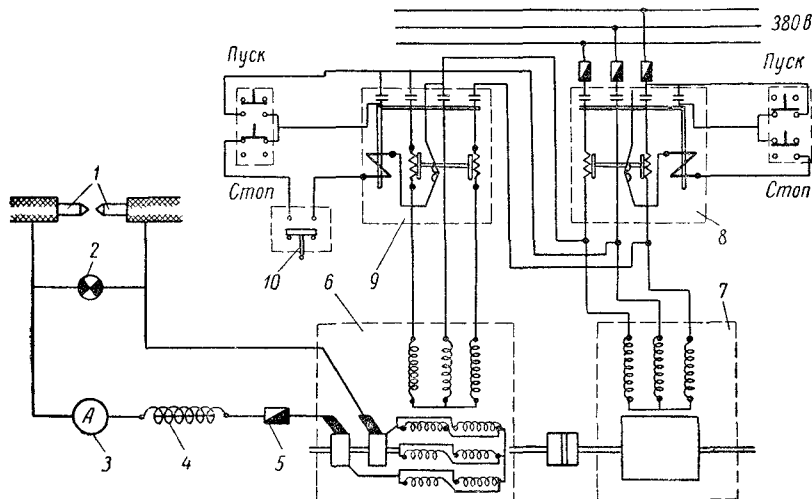
4) от синхронного генератора с повышением частоты тока для обеспечения

необходимой устойчивости горения электрической дуги;

б) от электросварочных аппаратов; в этом случае, поскольку вторичное напряжение сварочного трансформатора составляет 60—65 в, для увеличения напряжения в цепи электрической дуги установки прибегают к последовательному соединению нескольких сварочных трансформаторов; при последовательном соединении

ности. Однако практически этот способ во многих случаях не может быть осуществлен из-за отсутствия на заводе свободного генератора необходимой мощности.

Использование сварочных трансформаторов для питания электрической дуги является достаточно простым и доступным способом. По сравнению с питанием от сети при напряжении 380 в отбираемый от сети ток в данном случае снижается



Фиг. 217. Принципиальная электрическая схема установки для изготовления биметаллических втулок электродуговым способом: 1—электроды; 2—сигнальная лампа 220 в; 3—амперметр; 4—дроссель; 5—предохранитель дросселя; 6—электродвигатель; 7—преобразователь; 8—пускатель ПМЗ; 9—пускатель ПМ2; 10—концевой выключатель, заблокированный с защитным кожухом.

вторичных обмоток двух сварочных трансформаторов можно получить напряжение 120—130 в, что достаточно для заливки втулок диаметром до 100 мм, длиной до 1,2 диаметра; для обеспечения возможности заливки втулок диаметром до 200 мм используют три сварочных трансформатора, что обеспечивает напряжение 180—195 в;

б) от преобразователя частоты и числа фаз.

Питание электрической дуги непосредственно от сети является наименее совершенным и может применяться лишь для изготовления втулок небольших размеров. Возможности использования этого способа ограничиваются тем, что далеко не всегда возможно брать с одной фазы 200—250 а.

Применение для этой цели синхронного генератора представляет одно из наиболее целесообразных решений. Генератор питается от трех фаз, не нуждается в дросселе и имеет высокий коэффициент мощ-

примерно вдвое. Не менее важна также имеющаяся здесь возможность широкой бесступенчатой регулировки.

Способ питания электрической дуги от трехфазного преобразователя частоты тока дает хорошие практические результаты и обеспечивает устойчивую работу установки. В отличие от способа питания непосредственно от сети нагрузка здесь равномерно распределяется на все три фазы, а применение повышенной частоты уменьшает размеры необходимого дросселя и улучшает горение электрической дуги. Для практического осуществления этого способа не требуется специального оборудования. Необходимые для изготовления преобразователя два асинхронных электродвигателя обычно не представляют трудности подобрать на заводе из числа резервных двигателей.

На фиг. 217 приведена электрическая схема установки для изготовления биметаллических втулок электродуговым спо-

сособ, применяющейся в ремонтно-механическом цехе Челябинского тракторного завода. Электрическая часть установки состоит из электродвигателя ($N = 44 \text{ кВт}$, $n = 1450 \text{ об/мин}$), преобразователя и дросселя для регулирования силы тока, питающего электрическую дугу. В качестве преобразователя используется электродвигатель ($N = 28 \text{ кВт}$, $n = 700 \text{ об/мин}$); дроссель сварочного типа (от сварочного аппарата). В цепь дуги включен амперметр (500 а), по показаниям которого регулируют силу тока.

Электрическая схема установки предусматривает невозможность ее пуска при открытом предохранительном кожухе.

Схема обеспечивает частоту тока 150 периодов, силу тока от 200 до 350 а и напряжение от 170 до 220 в.

Электродуговой способ изготовления биметаллических втулок дает значительную экономию материала, расходуемого на заготовки, так как при применении его не требуется изготавливать крышки, как при печном способе, и предусматривать у заготовки буртики, как это необходимо делать при заливке жидким металлом.

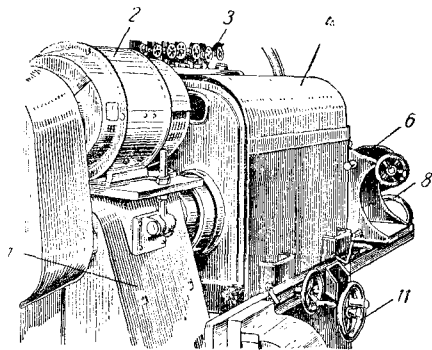
Более высокая производительность электродугового способа изготовления биметаллических втулок по сравнению с печным способом объясняется тем, что здесь отпадают операции по изготовлению, привариванию и удалению крышек и не требуется химическая подготовка заливаемой поверхности. Производительность этого способа оказывается также и выше той, которая может быть достигнута при изготовлении биметаллических втулок заливкой жидкой бронзой, поскольку в данном случае не требуется предварительного подогрева и химической обработки заготовок.

Изготовление биметаллических втулок при нагреве т. в. ч. еще не получило значительного распространения в ремонтной практике, хотя этот способ и является в отношении как его производительности, так и условий труда наиболее совершенным. Распространению данного способа изготовления биметаллических втулок для ремонта оборудования до последнего времени препятствовало малое число установок т. в. ч., имевшиеся в ремонтно-механических цехах.

В настоящее время данный способ изготовления биметаллических втулок для ремонта оборудования наиболее хорошо освоен и широко применяется ремонтными

службами Ленинградского Кировского, Челябинского тракторного и некоторых других крупных заводов.

На фиг. 218 показана установка для изготовления биметаллических втулок, применяющаяся в Центральном ремонтном цехе Ленинградского Кировского завода, спроектированная отделом главного механика завода совместно с Ленинградским научно-исследовательским институтом т. в. ч.



Фиг. 218. Общий вид установки для изготовления биметаллических втулок с применением т. в. ч.: 1 — передняя бабка; 2 — электродвигатель; 3 — коллектор охлаждающей системы; 4 — защитный кожух; 6 — задняя бабка; 8 — маховичок перемещения задней бабки; 11 — маховичок перемещения салазок (подача индуктора).

Установка рассчитана на заливку втулок диаметром от 50 до 200 мм, длиной от 100 до 400 мм. Основными узлами станка являются сварная станина 12 (фиг. 219) со стальными накладными направляющими 10 и 13, передняя бабка 1 (см. фиг. 218, обозначения общие с фиг. 219), салазки 9 (фиг. 219), трансформатор 15, электродвигатель привода 2 (фиг. 218), задняя бабка 6 и система водяного охлаждения.

Шпиндель станка имеет от 700 до 2600 об/мин.

Задняя бабка станка перемещается по станине с помощью винта. Конструкция пиноли задней бабки обеспечивает возможность перемещения в осевом направлении вращающегося центра для компенсации линейного расширения втулки в процессе нагрева.

Салазки 9 станка перемещаются по направляющим станины на шарикоподшипниках.

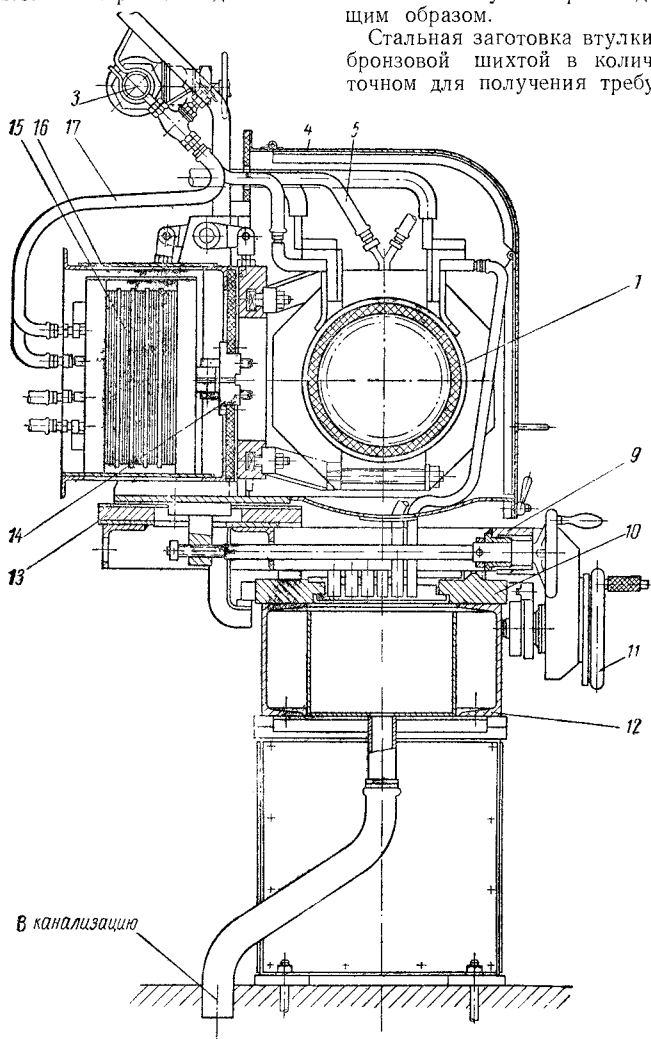
Нагрев заливаемой втулки осуществляется двухвитковым индуктором от машинного генератора мощностью 100 кВт (8000 гц). Индуктор закрепляется на транс-

форматоре, смонтированном на каретке станка. При установке заготовки индуктор отводится вместе с кареткой вдоль оси

тора, индуктора и конденсаторов водяное; давление воды 1,5—2 ат.

Заливка втулок производится следующим образом.

Стальная заготовка втулки заполняется бронзовой шихтой в количестве, достаточном для получения требующейся тол-



Фиг. 219. Установка для изготовления биметаллических втулок с применением т. в. ч. (поперечный разрез): 3 — коллектор охлаждающей системы; 4 — защитный кожух; 5 — гибкий шланг диаметром 19 мм; 7 — индуктор; 9 — салазки; 10 — передняя направляющая станины; 11 — маховичок перемещения салазки (подача индуктора); 12 — станина; 13 — задняя направляющая станины; 14 — переходная колодка; 15 — трансформатор на 8000 гц; 16 — кожух трансформатора; 17 — гибкий шланг диаметром 13 мм.

станка без нарушения его центровки относительно оси шпинделя.

Для предохранения рабочего от разбрызгивания расплавленной бронзы при заливке суппорт станка закрывается защитным кожухом 4. Охлаждение трансформа-

ции слоя заливки. С обоих концов заготовка закрывается крышками с асбестовыми уплотняющими прокладками и ставится в центры станка.

Как и при применении электродугового способа, химической обработке заготовка

штулки не подвергается, если только подлежащие заливке поверхности не подверглись коррозии. В последнем случае химическая обработка сводится к травлению в растворе 20—25%-ной соляной кислоты в течение 3—4 мин. и промывке в горячей и холодной воде.

Центробежная заливка втулок при нагреве т. в. ч. может производиться двумя методами: последовательным и параллельным. При последовательном методе заполненная шихтой заготовка ставится на установку и вводится в индуктор; включается генератор. После разогрева заготовки и расплавления внутри нее шихты генератор выключается, и включается электродвигатель главного привода установки, обеспечивающий вращение заготовки. При параллельном методе генератор и электродвигатель главного привода установки включаются одновременно, и плавление шихты производится, таким образом, внутри вращающейся заготовки.

Как показали опыты, проводившиеся в ЭНИМС [4], лучшие результаты получаются при применении последовательного метода. В этом случае процесс взаимодействия металла заготовки с заливаемым металлом, в результате которого частицы основного металла (железа) переходят в расплавленную бронзу, протекает менее активно. За счет уменьшения поверхности соприкосновения расплавленной бронзы со сталью в момент активного растворения железа при нагреве содержание железа в залитом слое при последовательном методе оказывается меньше, чем при параллельном, когда нагрев и вращение происходят одновременно и растворение железа идет по всей заливаемой поверхности.

Вращение заготовки при заливке как по первому, так и по второму методу прекращают по остыванию расплавленной бронзы до температуры 700°.

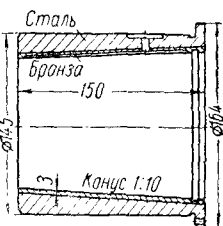
Изготовление биметаллических червячных колес, гаек и других деталей

Гайки ходовых винтов металлорежущих станков и фрикционных прессов, червячные колеса и другие детали машин, выполняемые обычно из цветных металлов, могут изготавливаться биметаллическими теми же методами, что и втулки, т. е. заливкой в стационарные формы или методом центробежной заливки. Указанные выше преимущества метода центробежной заливки обуславливают большее его применение для изготовления как биметал-

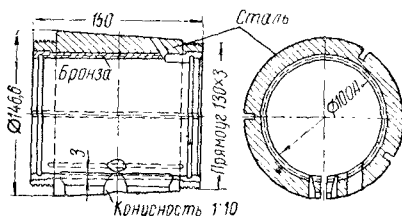
лических втулок, так и других биметаллических деталей, в частности гаек, червячных колес и т. п.

Методом центробежной заливки можно изготавливать не только детали с заливкой внутренней полости (фиг. 220 и 221), но и такие, у которых заливка должна быть произведена по внешнему контуру.

Технология изготовления деталей первой группы (с заливкой внутренней полости) практически не отличается от технологии изготовления биметаллических втулок. При изготовлении деталей, относя-

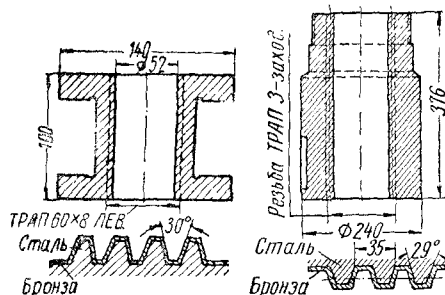


Фиг. 220. Биметаллический подпшипник шпинделя.



Фиг. 221. Биметаллический передний подпшипник шпинделя токарного станка (сталь 35 + бронза Бр. ОЦС 6-6-3).

щихся ко второй группе, заливка бронзы на внешний контур детали производится при помощи специальных технологических



Фиг. 222. Биметаллическая гайка винта подачи (сталь 35 + бронза Бр. ОЦС 6-6).

Фиг. 223. Биметаллическая гайка фрикционного пресса.

отверстий в заготовке, соединяющих внутреннюю ее полость с внешней, служащей для образования наружного контура биметаллической детали (фиг. 224 и

289. Формы заготовок и последовательность их обработки при изготовлении биметаллических деталей

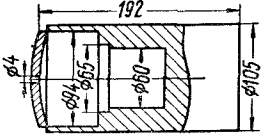
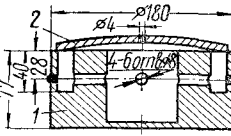
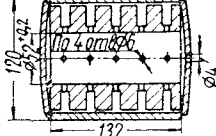
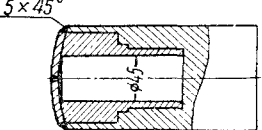
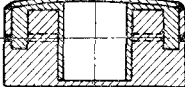
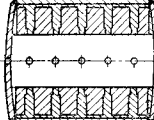
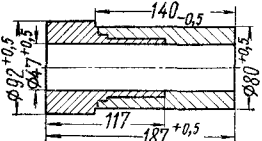
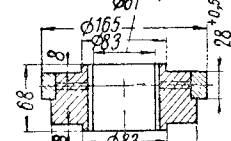
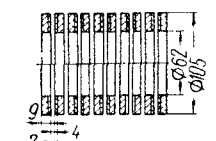
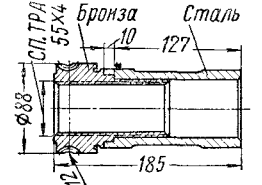
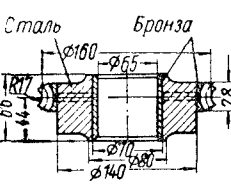
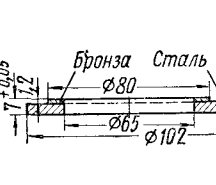
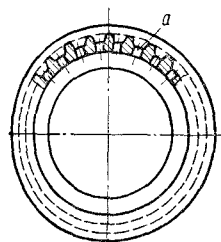
Стадии изготовления	Ходовая гайка (заливка внутренней полости)	Червячная шестерня (заливка внутренней полости и на внешний контур)	Опорная шайба (заливка торцевой поверхности способом заливки на внешний контур)
Заготовка, подготовленная под загрузку шихты			
Заготовка после заливки			
Предварительно обработанная заготовка			
Окончательно обработанная биметаллическая деталь			

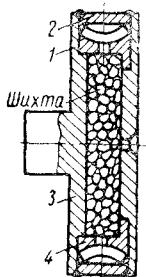
табл. 289). Через эти отверстия расплавленная бронза под действием центробежной силы попадает из внутренней полости во внешнюю.

Прием центробежной заливки на внешний контур можно использовать и для изготовления биметаллических деталей с заливкой по торцу.

Заливка указанных деталей центробежным методом производится или подачей жидкого металла во вращающуюся заготовку, или с расплавлением шихты внутри заготовки нагревом в печи, т. е. печным способом, как это описано выше применительно к изготовлению биметаллических втулок. Расплавление шихты внутри заготовки т. в. ч. для изготовления указан-



Фиг. 224. Заготовка биметаллической червячной шестерни с утоненным зубом: а — технологические отверстия для заливки зубьев.



Фиг. 225. Заготовка биметаллической червячной шестерни, подготовленная для расплавления шихты печным способом: 1 — крышка с выступом для закрепления в патроне центробежной машины; 2 — обод; 3 — крышка; 4 — заготовка червячной шестерни.

ных деталей практического распространения пока не получило. Из первых двух способов преимущественное распространение в настоящее время имеет печной способ.

Форма заготовок и последовательность их обработки при изготовлении биметаллических деталей указанных трех групп печным способом приведена в табл. 289.

Гайки ходовых винтов, гайки фрикционных прессов и т. п., а также червячные шестерни больших модулей часто изготавливаются с заливкой бронзы по контуру ниток резьбы и зубьев (фиг. 222—224), что дает дополнительную экономию бронзы и увеличивает их прочность и износостойкость.

Для этого нитки резьбы гаек нарезаются на заготовке с утонением, обеспечивающим необходимую толщину наплавленного слоя по их контуру. После заливки резьба таких гаек подвергается окончательной

обработке. При выполнении этой операции необходимо обеспечивать одинаковую толщину бронзового слоя по обоим сторонам ниток резьбы.

На фиг. 224 показана заготовка биметаллической червячной шестерни с утоненным зубом. Во впадине зубьев просверлены отверстия, через которые расплавленная бронза под действием центробежной силы подается на поверхность венца во внешнюю полость, образованную железными крышками 1 и 3 (фиг. 225), сваренными с ободом 2.

Для гибки обода применяется универсальное приспособление.

Внутренняя полость венца заполняется шихтой.

Закрытая с торцов и по периферии, заполненная бронзовой шихтой заготовка венца шестерни помещается в печь, где нагревается до расплавления бронзы, после чего закрепляется в патроне центробежной машины и прокручивается до затвердевания бронзы.

МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИЕ ДЕТАЛИ

Основные сведения

Детали машин, получаемые путем прессования металлических порошков или их смесей с последующим спеканием в печах, носят название *металлокерамических деталей*.

Процесс изготовления металлокерамических деталей называют *порошковой металлургией*.

Основным преимуществом изготовления деталей методами порошковой металлургии является возможность получения деталей с особыми свойствами (антифрикционные, самосмазывающиеся изделия, фрикционные материалы, пористые изделия и пр.).

Метод порошковой металлургии обеспечивает высокую точность изготавливаемых деталей и хорошую чистоту их поверхностей (исключаящую во многих случаях необходимость механической обработки).

Основными видами металлокерамических материалов являются: 1) антифрикционные материалы пористые и непористые; 2) фрикционные материалы; 3) плотные металлокерамические материалы; 4) пористые металлокерамические материалы; 5) магнитные материалы; 6) контактные материалы; 7) графитовые, меднографитовые и бронзографитовые материалы для щеток электрических машин; 8) твердые сплавы.

Антифрикционные материалы. Антифрикционные металлокерамические детали изготавливаются на медной основе и на железной основе.

Наиболее распространенными антифрикционными металлокерамическими материалами являются псевдосплавы из бронзо-графита и железографита.

Важнейшие свойства антифрикционных металлокерамических материалов на медной основе приведены в табл. 290 и на железной основе в табл. 291.

Химический состав и свойства некоторых антифрикционных металлокерамических материалов, применяемых в США, приведены в табл. 292.

Фрикционные материалы. Фрикционные материалы делятся на те же две основные группы, что и антифрикционные, т. е. на материалы на медной основе и материалы на железной основе.

В состав фрикционных металлокерамических материалов входят три основных компонента:

1) компонент, составляющий основу данного материала (обычно медь или железо);

2) компоненты, способствующие повышению коэффициента трения (асбест, кремнезем и др.);

3) компоненты, создающие прослойку смазки (свинец, графит и др.).

290. Свойства антифрикционных металлокерамических материалов на медной основе

Свойства	Пористая оловянистая бронза	Бронзо-графит	Свинцово-фосфористая бронза	Висмутная бронза
Удельный вес в Г/см^3	6,5—6,7	6,5—6,7	6,8—7,0	6,2—6,4
Пористость в %	25—30	20—25	18—20	23—26
Твердость H_B в кг/мм^2	28—30	24—28	18—22	12—14
Предел прочности при сжатии в кг/мм^2	70—75	60—70	55—77	42—57
Осадка при сжатии в %	46—52	45—50	48—58	47—58
Сопротивление срезу в кг/мм^2	12—15	9—13	—	4,5—4,8
Маслопитываемость по весу в %	2,0—3,0	2,0—3,0	—	2,2—2,5
Коэффициент трения со смазкой по стали	0,004—0,005	0,006—0,008	0,002—0,009	0,003—0,004
Коэффициент трения без смазки по стали	—	0,07—0,08	—	0,03—0,04
Теплопроводность 100—600° С	—	—	—	—
в $\text{кал/см} \cdot \text{сек}$	0,12—0,18	0,08—0,15	—	0,05—0,13
Коэффициент линейного расширения при 20—500° С в $\text{мм/м} \cdot \text{град}$	$15 \cdot 10^{-6} \div 19 \cdot 10^{-6}$	$12 \cdot 10^{-6} \div 17 \cdot 10^{-6}$	—	$17,29 \cdot 10^{-6} \div 22,07 \cdot 10^{-6}$
Максимально допускаемая нагрузка в кг/см^2	50—60	50—60	75—80	100—120
Произведение $p \cdot v$ в $\text{кг/см}^2/\text{м/сек}$	15—16	17—20	14—15	17—20

291. Свойства антифрикционных металлокерамических материалов на железной основе

Свойства	Пористое железо	Железо-графит	Железосодный сплав	Металлокерамический чугун
Удельный вес в Г/см^3	5,5—6,5	5,5—6,5	6,2—6,5	5,5—5,8
Пористость в %	25—30	20—30	18—25	20—28
Твердость H_B в кг/мм^2	35—48	25—40	55—80	25—30
Предел прочности при сжатии в кг/мм^2	65—85	60—80	65—76	60—61
Сопротивление срезу в кг/мм^2	21—22	20—21	18—19	18—20
Маслопитываемость в %	2,0—2,25	2,5—3,0	2,2—2,5	2,0—2,2
Коэффициент трения со смазкой по стали	0,01—0,013	0,009—0,01	0,008—0,009	—
Коэффициент трения без смазки по стали	0,09—0,10	0,09—0,1	0,08—0,09	—
Коэффициент линейного расширения при 20—500° С в $\text{мм/м} \cdot \text{град}$	$12,2 \cdot 10^{-6} \div 12,8 \cdot 10^{-6}$	$9 \cdot 10^{-6} \div 11 \cdot 10^{-6}$	$13 \cdot 10^{-6} \div 14 \cdot 10^{-6}$	$10 \cdot 10^{-6} \div 11 \cdot 10^{-6}$
Осадка при сжатии в %	50—60	40—42	42—45	35—40
Максимально допускаемая нагрузка в кг/см^2	80—90	150—160	120—130	80—100
Произведение $p \cdot v$ в $\text{кг/см}^2/\text{м/сек}$	50—65	50—75	60—80	50—60

292. Химический состав и свойства некоторых антифрикционных металлокерамических материалов, применяемых в США

Марка материала	Химический состав в %				Свойства материалов								
	Cu	Fe	Sn	C (графит)	Удельный вес в г/см^3	Пористость в %	σ_b в кг/мм^2	$\sigma_{сж}$ в кг/мм^2	δ в %	H_B	Максимально допустимая нагрузка в кг/мм^2	Произведение ρv в $\frac{\text{кг/см}^3 \cdot \text{м/сек}}{\text{м/сек}}$	Коэффициент линейного расширения $\alpha \cdot 10^{-6}$
Компо	88,5	—	10	Ост.	6,3	27	7,6	46	—	25—35	470	16	17,6
Паудайрон 55-1	5	95	—	—	5,5	32	7,6	88	—	25—35	950	16	13,0
„ 61-C	10	90	—	—	6,1	25	19,0	88	—	60—90	1250	20	13,9
„ 51-1	—	100	—	—	5,9	25	7,6	82	—	35—50	1250	16	12,2
Ойлайт	90	—	10	—	6,1	30	7,9	76	5	30	500	25	18,9
Супер-Ойлайт	25	75	—	—	6,4	25	19,0	125	1	45	2900	16	13,9
Айрон-Ойлайт	—	100	—	—	7,1	30	9,5	82	1	40	1250	16	10,8
Дюрекс-Айрон	10	88	—	2	6,0	25	22,0	—	—	60—90	950	16	11,9
Юнайтед	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Стейдс 86	14	85	—	1,0	5,8	13—20	6,0	—	—	—	600	16	12,8

293. Свойства фрикционных материалов

Свойства	Материалы на медной основе	Материалы на железной основе
Удельный вес в г/см^3	5,8—6,0	6,0—6,2
Твердость H_B при 20°C в кг/мм^2	18,0—25,0	25,0—35,0
Твердость H_B при 500°C в кг/мм^2	10,0—12,0	—
Сопротивление срезу в кг/мм^2	6,0—7,0	22—23
Сопротивление сжатию в кг/мм^2	25,0—28,0	100—120
Предел прочности при растяжении при 20°C в кг/мм^2	2,0—4,0	—
Предел прочности при растяжении при 500°C в кг/мм^2	0,56—0,60	—
Коэффициент трения о чугун всухую	При нагрузке 20 кг/см^2 0,26—0,30 0,10—0,12	По стали при нагрузке 21,7 кг/см^2 0,26—0,32 0,10—0,12
Коэффициент трения о чугун в масле	—	—
Коэффициент линейного расширения $20—500^\circ \text{C}$ в $\text{мм/м} \cdot \text{град}$	17,6 $\cdot 10^{-6}$ —22 $\cdot 10^{-6}$	—
Теплопроводность $100—600^\circ \text{C}$ в $\text{м/кал} \cdot \text{см} \cdot \text{сек}$	0,095—0,1	—
Максимально допустимая рабочая температура в $^\circ \text{C}$	До 300	До 600—700

В табл. 293 приведены свойства фрикционных материалов на медной и железной основе.

Сравнительные характеристики фрикционных металлокерамических материалов на железной основе и типа феродо при различных скоростях и удельных давлениях приведены в табл. 294.

Плотные металлокерамические материалы. Из плотных металлокерамических материалов делают такие детали машин, как шестерни, уплотнительные кольца, балансировочные изделия и пр. Плотные

металлокерамические изделия изготавливаются главным образом из железного, стального легированного и нелегированного порошков и из порошков тугоплавких металлов (вольфрама, молибдена, тантала).

По своим свойствам плотные металлокерамические материалы близки к обычным компактными материалам и отличаются от них пониженной пластичностью.

В табл. 295 приведены свойства основных металлокерамических материалов, имеющих плотность 98—99%.

294. Величины коэффициента трения и износа металлокерамических фрикционных материалов и феродо при работе по чугуна $H_B = 163$

Материал (состав, тип)	Пористость в %	Удельный вес в $г/см^3$	Удельное давление в $кг/см^2$	$v = 7 \text{ м/сек}$		$v = 10 \text{ м/сек}$		$v = 14,8 \text{ м/сек}$	
				Коэффициент трения	Износ	Коэффициент трения	Износ	Коэффициент трения	Износ
Металлокерамический фрикционный материал марки 9-0-4-4-15	11,6	4,72							
68% Fe			1,0	0,65	0,07	0,64	0,05	0,60	0,08
5% C			1,5	0,64	0,07	0,59	0,08	0,58	0,08
4% Al_2O_3			2,0	0,64	0,08	0,52	0,10	0,22	0,12
4% SiO_2			2,5	0,63	0,085	0,56	0,09	0,52	0,26
15% Cu			3,0	0,61	0,095	0,50	0,12	0,48	0,25
Металлокерамический фрикционный материал марки 9-0-3-3-15	14,5	4,76							
70% Fe			1,0	0,75	0,065	0,75	0,05	0,63	0,09
9% C			1,5	0,75	0,060	0,66	0,08	0,54	0,06
3% Al_2O_3			2,0	0,72	0,08	0,61	0,09	0,53	0,12
3% SiO_2			2,5	0,69	0,07	0,62	0,09	0,52	0,07
15% Cu			3,0	0,71	0,10	0,65	0,18	0,46	0,22
Прессованное феродо ЗИЛ-150	—	—							
			1,0	0,38	0,05	0,37	0,09	0,43	0,13
			1,5	0,39	0,08	0,35	0,20	0,43	0,19
			2,0	0,42	0,11	0,37	0,37	0,42	0,33
			2,5	0,41	0,14	0,30	0,125	0,39	0,59
			3,0	0,43	0,19	0,35	0,16	0,37	0,77
Феродо-битумная про- питка	—	—							
			1,0	0,45	0,07	0,52	0,05	0,48	0,08
			1,5	0,45	0,10	0,50	0,05	0,59	0,17
			2,0	0,46	0,20	0,53	0,11	0,50	0,25
			2,5	0,42	0,39	0,53	0,18	0,47	0,50
			3,0	0,40	0,14	0,48	0,34	—	—
Феродо-лянная про- питка	—	—							
			1,0	0,46	0,06	0,57	0,05	0,57	0,105
			1,5	0,45	0,08	0,55	0,07	0,56	0,13
			2,0	0,48	0,09	0,51	0,10	0,50	0,17
			2,5	0,45	0,085	0,47	0,12	0,45	0,20
			3,0	0,44	0,12	0,46	0,14	0,45	0,20

295. Свойства плотных металлокерамических материалов

Наименование материала	Удельный вес в г/см ³	Твердость НВ	Сопротивление сжатию в кг/мм ²	Предел текучести в кг/мм ²	Удлинение в %	Модуль упругости в кг/мм ²
Спеченнос железо (из окалины)	7,6—7,8	75—80	20—30	10—12	13—14	9 000—11 000
То же карбонильное Спеченное железо с содержанием углерода до 0,3%	7,8—8,0	75—80	30—35	12—15	18—20	11 000—12 000
Спеченная нержавею- щая сталь	6,6—7,0	50—10	—	15—20	6—8	—
Спеченная бронза (10% олова)	6,8—7,2	165—175	40—42	38—40	18—20	12 000—14 000
Вольфрам	7,8—8,0	62—75	25—27	18—20	4—12	—
Молибден	19,1—19,3	350—400	180—350	140—150	1—4	40 000—42 000
Тантал	9,8—10,0	150—200	120—150	—	8—10	33 000—34 000
Титан	16,5—16,8	180—250	90—120	—	1—3	18 800—19 000
	4,5	250—320	75—88	65—73	Накл. 4, отожж. 28	10 800—11 300

Пористые металлокерамические материалы. Из пористых металлокерамических материалов изготавливаются фильтры, горелки, промывы и некоторые другие изделия.

Наиболее широкое применение в промышленности нашли металлокерамические фильтры для фильтрования жидкостей и газов.

Металлокерамические фильтры изготавливаются из дробы бронзы, никеля, нержавеющей стали диаметром частиц 0,2—0,7 мм.

Фильтры характеризуются величиной пористости, прочностными свойствами и производительностью.

Производительность фильтров оценивается потерей напора фильтруемой жидкости или газа, зависящей от скорости фильтрования и толщины стенок.

Важнейшие свойства бронзовых фильтров приведены в табл. 296.

296. Свойства бронзовых фильтров

Свойства	Показатели
Предел прочности при растяжении в кг/мм ²	3—4
Предел прочности при сжатии в кг/мм ²	10—12
Удлинение в %	2,8—3,5
Допускаемая рабочая температура в нейтральной или защитной атмосфере в °С	500
То же в окислительной атмосфере в °С	180

Применение металлокерамических деталей при ремонте оборудования

При ремонте оборудования металлокерамические детали находят применение как полноценный заменитель цветных антифрикционных материалов в узлах трения и в тех случаях, когда по условиям работы механизмов требуются материалы с особыми свойствами, как, например, самосмазывающиеся, допускающие высокие температуры на поверхности трения детали и др.

Успешно применяются металлокерамические подшипниковые втулки вместо шарикоподшипников в роликах транспортеров, ленточных конвейерах, роликах рольгангов и т. п. *

Особенностью производства металлокерамических деталей для ремонта оборудования является то, что вследствие большого разнообразия форм и размеров требующихся деталей при относительно небольшой потребности в одинаковых деталях здесь во многих случаях оказывается целесообразным получать методами порошковой металлургии не готовые детали, а металлокерамические заготовки, позволяющие изготавливать из них путем механической обработки разные детали.

Исходные материалы

В качестве исходных материалов для изготовления металлокерамических изделий служат металлические порошки

* Железографитовые втулки нескольких размеров, в частности, для замены шарикоподшипников № 204, 205 и некоторых других, изготавливаются Лаптевским заводом угольного машиностроения (Тульская область). *Ред.*

297. Основные способы получения металлических порошков

Исходный материал	Технология	Продукт производства	Форма частиц	Величина частиц в мк	Область применения
Металлы и сплавы в твердом виде	<i>Механическое измельчение</i> Обработка резанием. Использование отходов от обработки металлов резанием (стружки) для дальнейшего размола в порошок в шаровых, вихревых и тому подобных мельницах. Мелкая стружка может непосредственно применяться для изготовления металлокерамических изделий. Дробление в шаровых мельницах, бегунках и т. д. Измельчение хрупких металлов и сплавов, электрических осадков	Железо, сталь, чугуны, латунь, бронза, и т. п.	Игольчатая, завитая и т. д.	1000—10 000	Исходный материал для дальнейшего измельчения, пористые подшипники, различные детали
	Вихревое дробление, измельчение металлов и сплавов	Марганец, хром, сурьма, висмут, ферросплавы, пермаллой и др.	Неправильные многогранники, листочки, завитки и др.	10—100	Металлокерамические детали, пористые подшипники, сердечники индукционных катушек, магнитные материалы
	<i>Физико-химическое измельчение</i> Химическое измельчение (межкристаллитная коррозия) Электроэрозия	Железо, медь, серебро, алюминий и др.	Тарельчатая, с загнутыми краями	20—400	Пористые подшипники, сердечники, электрошетки и т. п.
	<i>Гранулирование и распыление</i>	Нержавеющая сталь Различные металлы и сплавы	Неправильные многогранники Сферическая	10—100 100—500	Детали из нержавеющей стали —
Металлы и сплавы (преимущественно легкоплавкие) в жидком виде	Литье в воду Перемешивание сплавов при затвердевании Распыление воздухом и паром Распыление с одновременным механическим воздействием	Сплавы, алюминия, кадмия, олова, цинка	Неправильная зернистая	} < 250	Пористые подшипники, электрошетки, фильтры, магнитные материалы, контакты и т. п. То же
		Алюминий, медь	Неправильные капли		
		Железо, никель, медь, бронза, латунь и др.	Неправильные капли со сложным профилем		
Пары металлов	<i>Конденсация металлических паров</i>	Цинк	Сферическая	0,1—10	Латунные детали, твердые сплавы и т. п.

Продолжение табл. 297

Исходный материал	Технология	Продукт производства	Форма частиц	Величина частиц в мк	Область применения
Металлические соединения	<i>Восстановление</i> Восстановление твердых соединений (окислы, руды, органические соли) восстановительным газом	Вольфрам, молибден, кобальт, железо, никель, медь	Губчатая	0,1—30	Электроламповая промышленность, нагреватели, контакты, твердые сплавы, магнитные материалы, пористые подшипники и т. п.
	Восстановление из жидких растворов солей	Золото, серебро, платина, олово, никель, кобальт	Игольчатая, многогранники, таблички и др.	0,1—10	Пористые подшипники, контакты, твердые сплавы и т. п.
	Восстановление расплавленных солей щелочными и щелочноземельными металлами	Тантал, ниобий, титан, торий, церий, ванадий, уран	То же	0,1—10	Фильеры, вакуумная техника, химическая промышленность и т. п.
	<i>Термическая диссоциация</i> Разложение карбониллов	Никель, железо	Сферическая	0,1—5	Магнитные материалы, чистые сплавы, вакуумная техника
	<i>Электролиз</i> Водные растворы	Железо, медь, свинец, олово	Дендритная	0,1—30	Пористые подшипники, щетки, контакты, магнитные материалы и т. п.
Порошки металлов и неметаллов	Расплавленные среды	Тантал, ниобий, торий, церий, ванадий, уран	"	0,1—10	Фильеры, вакуумная техника, химическая промышленность и т. п.
	<i>Получение порошков металлических соединений и сплавов в результате диффузии и химических реакций при нагреве</i>	Тугоплавкие карбиды, бориды, нитриды, силициды, латунь и т. п.	Различная	1—100	Твердые сплавы, тугоплавкие соединения, изделия из цветных сплавов и т. п.

298. Основные порошки, применяемые для изготовления металлокерамических антифрикционных деталей

Наименование порошка	Метод изготовления	Содержание основного элемента в % не менее	Содержание примесей в % не более	Насыпной вес в $г/см^3$	Стандарт или технические условия
Железный	Восстановленный из окалипы	99,5	0,5	2,0—2,5	ЧМТУ 3648-53, марка АМ, М
Медный	Электролитический	99,5	0,5	1,5	ГОСТ 4960-49, ЧМТУ 4451-54
Оловянный	Распыленный из жидкого металла	99,5	0,5	3,8	ЧМТУ 84-42, ЧМТУ 3334-53
Свинцовый	То же	99,44	0,36	5,4	ЧМТУ 4452-54
Никелевый	Электролитический	99,1	0,9	2,2	ВТУ ГНХ 5-48
Алюминиевый	Распыленный из жидкого металла	99,7—99,0	0,3—1,0	1,0	—
Графитовый карандашный	—	95—99,5	Зола 5—0,5	0,3—0,5	ГОСТ 4404-53, сорт I-й
Графитовый коллоидальный	—	—	—	—	ГОСТ 5961-51, марка С-1

чистых металлов, сплавов, химических соединений, смесей металлов и неметаллов.

Существуют различные способы получения металлических порошков, наиболее распространенными из них являются:

1) механическое измельчение твердых металлов;

2) распыление жидких металлов;

3) восстановление окислов металлов;

4) электролиз растворов солей металлов.

Контроль порошков. Порошки в металлокерамическом производстве обычно контролируются на содержание примесей, на величину частиц, на определение объемной характеристики и на текучесть.

Содержание примесей в порошке определяется химическим анализом. Порошки железа обычно контролируются на содержание кислорода. Если содержание окислов железа более 2,0%, то порошок требует довосстановления.

Величина частиц порошка определяется микроскопическим измерением, а в условиях производства — ситовым анализом, т. е. просеиванием порошка через сита с различной величиной отверстий.

Объемная характеристика порошка выражается через объемный вес (вес единицы объема) в $г/см^3$. Порошки характеризуются насыпным весом, т. е. весом единицы объема свободно насыпанного порошка. Определение насыпного веса производится при помощи специального прибора — волюмометра. Иногда определяется вес утрясенного порошка в единице объема.

Объемная характеристика порошка должна учитываться при расчете основных размеров прессформ. Высота прессформы находится в прямой зависимости от насыпного веса порошка.

Текучесть порошка измеряется количеством порошка, вытекающего в единицу времени через отверстие определенного размера. Величина текучести имеет существенное значение и определяет скорость заполнения прессформы.

Технология изготовления металлокерамических деталей

Технология изготовления деталей машин состоит из следующих операций:

1) приготовления смеси порошков (перемешивание);

2) прессования;

3) спекания спрессованных заготовок;

4) пропитки маслом (для антифрикционных деталей);

5) калибрования.

Перемешивание порошков производится в смесительных барабанах типа «пьяная бочка» или имеющих форму усеченного конуса. Время перемешивания 3—6 час.

Прессование осуществляется на гидравлических или механических прессах в стальных прессформах. Давление прессования определяется по формуле $P = \frac{F}{p}$, где P — усилие прессования детали в т; F — площадь прессования в $см^2$; p — удельное давление прессования в $т/см^2$.

Удельное давление прессования зависит от состава смеси. Для изделий на медной основе оно находится в пределах 1,5—3,0 $т/см^2$, а для изделий на железной основе 4—7 $т/см^2$.

Схема простейшей прессформы для прессования втулок приведена на фиг. 226.

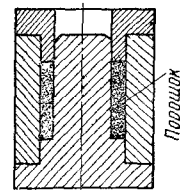
Приведенная на фиг. 226 схема прессформы рассчитана на одностороннее прес-

сование. Для обеспечения более равномерного уплотнения смеси по длине прессуемой втулки применяют более сложные прессформы двустороннего прессования.

Детали прессформ изготавливаются из инструментальных сталей У8, У10, У12, Х12Ф. Формующие детали прессформ подвергаются термообработке на твердость

$$R_C = 58 \div 62.$$

Спекание проводят в печах с защитной атмосферой. В качестве защитной атмосферы может применяться водород, смесь



Фиг. 226.

азота с водородом, диссоциированный аммиак, водяной газ, генераторный газ и неполностью сожженный пропан или светильный газ.

Спекание изделий на медной основе возможно проводить в карбюризационных ящиках с засыпкой углем*.

Спекание металлокерамических деталей из однокомпонентных материалов производят при температуре, равной $\frac{2}{3}$ точки плавления соответствующего материала порошка.

Спекание деталей из многокомпонентных смесей с различными точками плавления обычно производится при температуре выше точки плавления самого легкоплавкого компонента.

Режимы спекания металлокерамических деталей на медной и железной основах и из легированных порошков приведены в табл. 299.

299. Режимы спекания металлокерамических деталей

Вид металло-керамики	Температура спекания в °С	Продолжительность нагрева в час
На медной основе	700—850	1,5—2,5
На железной основе	1050—1150	1,5—3,0
Из легированных порошков	1150—1350	2—3,5

* Опыт ремонтно-механических цехов Ленинградского Кировского и Челябинского тракторного заводов по изготовлению металлокерамических втулок показал возможность спекания в цементационных ящиках с засыпкой древесным углем также железграфитовых изделий. *Ред*

Пропитка пористых деталей производится в ваннах с горячим маслом. Температура масла 110—120° С. Продолжительность пропитки 1—2 часа, охлаждение в холодном масле.

Калибрование спеченных деталей, не подвергающихся механической обработке, производится в прессформах; усилие калибрования 25—35% усилия прессования.

Механическая обработка. Металлокерамические детали механической обработке, как правило, не подвергаются. Однако в некоторых случаях путем прессования нельзя получить окончательную форму деталей, например нельзя получить винтовую резьбу, боковые отверстия и др. В таких случаях прибегают к механической обработке. В условиях ремонта к механической обработке металлокерамических деталей приходится прибегать чаще, чем в массовом и крупносерийном производстве, так как здесь такие, например, детали, как втулки, обычно делают ввиду большого разнообразия их размеров из заготовок, позволяющих изготавливать из одной заготовки втулки нескольких размеров. Этим достигается сокращения потребных для изготовления втулок прессформ.

Металлокерамические детали можно подвергать всем видам механической обработки — токарной, сверлению, фрезерованию, нарезанию резьбы, расточке и т. д.

Пористость металлокерамического материала ухудшает обрабатываемость. Вследствие пористости материала режущая кромка инструмента подвергается толчкам и ударам. Это приводит к тому, что инструмент быстро затупляется, затупление же инструмента приводит к засаливанию поверхности и закурке пор.

Для обработки металлокерамических материалов лучше всего применять твердые сплавы. Для предварительной обработки могут применяться резцы из быстрорежущей стали.

При токарной обработке и расточке твердосплавным инструментом с пластинами марки ВК8 железокерамических деталей с 25% пор скорость резания не должна превышать 100—110 м/мин. При работе алмазными резцами можно применять более высокие скорости. Скорость резания при инструменте из быстрорежущей стали около 30 м/мин.

Режимы резания при тонком точении железокерамических материалов, обеспечивающие стойкость резцов 60—90 мин. при подачах 0,06—0,12 мм/об и глубинах резания 0,2—0,5 мм, приводятся в табл. 300.

300. Режимы резания

Структура железо-керамического материала	Твердость железо-керамического материала H_B	Марка твердого сплава	Скорость резания в м/мин
Феррит	48—52	ВК2 ВК6	150—200
Перлит с незначительным количеством феррита	70—100	ВК2 ВК6	150—200
Перлит с ферритом и цементитом	72—80	ВК2 ВК6	100—120
Перлит с цементитом	120—140	T15K6	50—75

скорость резания до 20—25 м/мин. Применение сверл с твердосплавными кромками позволяет увеличить скорость резания до 60 м/мин и более.

Величина подачи при сверлении приводится в табл. 302.

При фрезеровании применяются скорости резания 80—90 м/мин для твердосплавного инструмента и 20—25 м/мин для фрез из быстрорежущей стали. Лучшие результаты можно получить, применяя фрезы со спиральными зубьями, причем радиусы углов должны быть минимальными или быть скошенными.

Для предварительного фрезерования применяются подачи 0,05—0,12 мм и при окончательной обработке 0,025—0,05 мм.

После механической обработки металло-керамические детали должны быть снова

301. Геометрия твердосплавных резцов

Обрабатываемый материал	Углы заточки резца в град.				Скорость резания в м/мин
	Задний угол резца α	Задний угол державки γ_1	Углы в плане		
			φ	φ_1	
Металлокерамическая бронза	4—6	7—10	82—83	5—7	106
Металлокерамическое железо	7—8	10—13	82—83	5—7	106

302. Подачи при сверлении металлокерамических деталей

Диаметр сверла в мм	Подача в мм/об
3—6	0,05—0,1
6—12	0,1—0,15
12—19	0,15—0,20
19—25	0,20—0,30

пропитаны маслом, так как нагрев и центробежная сила вызывают потерю масла при обработке.

ПРИМЕНЕНИЕ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ И ИЗДЕЛИЙ ПРИ РЕМОНТЕ ОБОРУДОВАНИЯ

Детали из древесно-слоистых пластиков

Основные сведения. Древесно-слоистые пластики (сокращенно ДСП) представляют собой материал в виде плит, спрессованных из листов лущеной березовой древесины (березового шпона), пропитанных спиртовыми растворами фенольно- или крезольно-формальдегидных смол. При изготовлении ДСП листы древесины, уложенные в стоны, уплотняются и склеиваются в прессах при температуре 140—150° С под давлением 150—200 кг/см².

ДСП выпускаются промышленностью в виде коротких и длинных плит толщиной до 50 мм следующих марок:

ДСП-А — с параллельным расположением волокон древесины во всех слоях (фиг. 227);

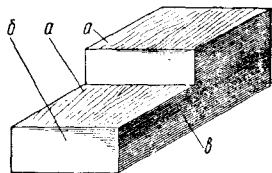
Геометрия твердосплавных резцов, применяемых для обработки металлокерамических деталей, приведена в табл. 301.

При обработке строганием геометрия резцов та же, что и для обточки и расточки, за исключением заднего угла резца, который должен быть уменьшен до 2°.

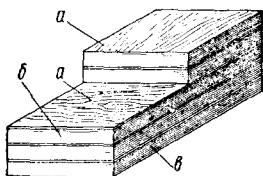
При сверлении железо-керамических материалов, особенно с ферритной структурой, следует применять заточку сверл с увеличенными передними углами. Усилие резания должно быть минимальным во избежание деформации пористого материала.

Для сверления могут применяться сверла из быстрорежущей стали, допускающие

ДСП-Б — с волокнами древесины, перекрещивающимися под углом 90° через каждые 10—20 слоев древесины (фиг. 228);



Фиг. 227. Плита ДСП-А. Все слои и волокна древесины расположены в одном направлении (вдоль плиты): а — направление прессования материала — поверхность образована из тангенциальных разрезов ствола дерева; б — поверхность образована из торцов волокон древесины (рабочая поверхность во вкладышах); в — поверхность образована из радиальных разрезов древесины (из боковых поверхностей волокон ребер).

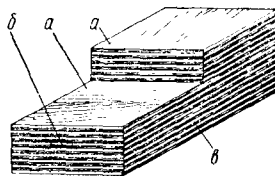


Фиг. 228. Плита ДСП-Б. Волокна древесины перекрещиваются под углом 90° через 10—20 слоев: а — направление прессования материала — поверхность образована из тангенциальных разрезов ствола дерева; б — поверхность образована из 90—95% торцов и из 5—10% ребер волокон древесины (рабочая поверхность вкладышей); в — поверхность образована из 5—10% торцов и до 95% ребер волокон древесины.

ДСП-В, у которого волокна древесины перекрещиваются под углом 90° через один следующий слой (фиг. 229).

ДСП-Б и ДСП-В изготавливаются по ГОСТ 5704-51.

Во вкладышах узлов трения рекомендуется применять только материалы марок ДСП-А и ДСП-Б в виде коротких



Фиг. 229. Плита ДСП-В. Волокна древесины перекрещиваются под углом 90° через слой: а — направление прессования материала — поверхность образована из тангенциальных разрезов ствола дерева; б и в — поверхности образованы из 5% торцов и 50% ребер волокон древесины.

плит длиной до 1500 мм и шириной 900—1200 мм.

Физико-механические свойства древеснослоистых пластиков приведены в табл. 303.

К существенным недостаткам ДСП следует отнести способность поглощать в свободном состоянии воду и влагу. Чем выше температура воды, тем быстрее идет процесс насыщения. Так, при температуре $18-20^\circ\text{C}$ насыщение водой наступает

303. Основные свойства древесно-слоистых пластиков

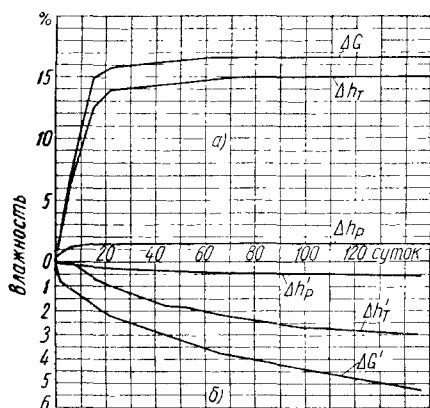
Характеристики и свойства материала	Марка материала		
	ДСП-А	ДСП-Б	ДСП-В
Объемный вес в г/см^3	1,3—1,4	1,3—1,4	1,3—1,4
Исходная влажность в %	6—7	6—7	6—7
Твердость H_B вдоль волокон древесины в кг/мм^2	28—30	25—28	20—25
Предел прочности при сжатии вдоль волокон в кг/см^2	2000—2200	1600—1900	1200—1700
Предел прочности при скалывании вдоль волокон древесины в кг/см^2	500—600	400—500	—
Предел прочности при скалывании по плоскости склеивания в кг/см^2 не менее	120—140	120—140	120—140
Удельная вязкость поперек волокон в кг/м^2	1,0—1,2	0,8—1,0	0,5—0,6
Модуль упругости при сжатии вдоль волокон древесины в кг/см^2	$(30-34) \cdot 10^4$	$(30-32) \cdot 10^4$	$(19-22) \cdot 10^4$
Модуль упругости при сжатии в направлении прессования в кг/см^2	$(30-40) \cdot 10^3$	$(30-40) \cdot 10^3$	$(30-40) \cdot 10^3$
Коэффициент Пуассона в направлении прессования при сжатии вдоль волокон	0,45—0,47	0,45—0,47	0,45—0,47
Коэффициент Пуассона вдоль волокон при сжатии в направлении прессования	0,665	0,665	0,665
Предельное поглощение воды по весу в %	16—20	16—20	16—20
Предельная величина распресовки и разбухания в %	18—25	18—25	18—25
Теплопроводность в $\text{ккал/м}^2 \cdot \text{час} \cdot \text{град}$	0,13—0,20	0,13—0,20	0,13—0,20
Теплостойкость по Мартену в $^\circ\text{C}$	140—200	140—200	130—200

304. Влияние влажности на пределы прочности и модуль упругости ДСП-Б

Влажность в %	2	4	6	8	10
Предел прочности на сжатие вдоль волокон в кг/см^2	2400	2000	1600	1500	1400
Модуль упругости при сжатии вдоль волокон в кг/см^2	$3,4 \cdot 10^5$	$3,2 \cdot 10^5$	$2,9 \cdot 10^5$	$2,7 \cdot 10^5$	$2,5 \cdot 10^5$

через 30—40 суток, а при температуре 50°C — через 7—10 суток (фиг. 230, а).

Поглощение воды и влаги влечет за собой распрессовку и разбухание материала и значительное снижение проч-



Фиг. 230. Графики изменения во времени влажности и размеров ДСП в свободном состоянии на образцах в виде кубиков с ребром 15—20 мм: а — в воде при температуре 30—40°С; б — на воздухе или в минеральном масле при температуре 35—45°С; Δh_r — разбухание и распрессовка — увеличение размера в направлении, обратном прессованию материала; Δh_p — усушка — уменьшение размера в направлении прессования материала; Δh_r — увеличение размера в направлении ребра; Δh_p — уменьшение размера в направлении ребра; ΔG — увеличение веса за счет поглощения воды; $\Delta G'$ — уменьшение веса за счет потери влаги и летучих.

ностных и упругих свойств материала (табл. 304).

Во избежание снижения прочностных и упругих свойств материала, втулки и вкладыши из ДСП следует запрессовывать в металлические корпуса. Если ДСП сжать в направлении прессования усилием 200 кг/см^2 и более, то насыщение его водой практически не происходит. У незапрессованных, но ограниченных от разбухания втулок и вкладышей допол-

нительное поглощение воды составляет примерно 5% веса. При этом развиваются усилия порядка $150\text{—}180 \text{ кг/см}^2$ от несоблюдения разбухания в направлении, обратном прессованию материала.

В направлении ребра при свободном поглощении воды материал разбухает, но в 5—10 раз меньше, чем в направлении, обратном прессованию.

По длине волокон древесины ДСП практически не разбухают.

Под действием тепла в воздушной или масляной среде при температурах $40\text{—}60^\circ\text{C}$ древесно-слоистые пластики с исходной влажностью 6—8% теряют влагу. Вследствие этого происходит усушка главным образом в направлении его прессования с уменьшением размеров от 0,4 до 0,5% толщины материала в изделии на каждый процент потери им влаги (фиг. 230, б).

Минеральные масла ДСП поглощают в весьма незначительных количествах. На увеличение размеров детали даже в направлении прессования поглощение масла практического влияния не оказывает.

При нагревах деталей, изготовленных из ДСП, до температуры 100°C наблюдается увеличение их хрупкости и снижение прочности до 25%, а при охлаждении до -40°C наблюдается медленное, но постепенное увеличение прочности детали (до 20%).

Наличие в древесине в свободном состоянии фенольных или крезольных смол предохраняет ДСП от воздействия микроорганизмов, чем обеспечивается их долговечность при службе попеременно в воде и воздушной среде.

Подшипниковые свойства ДСП. Подшипниковые свойства всякого материала, в том числе и ДСП, характеризуются прежде всего его прирабатываемостью, износостойчивостью и сопротивлением трению скольжения в том случае, когда трущиеся поверхности не разделены слоем смазывающего материала.

Прирабатываемость подшипникового материала оценивается его способностью при заданных условиях и ре-

жиме работы увеличивать поверхность прилегания к контртелу за счет упругой и пластической деформаций или изнашивания без повреждения трущихся поверхностей.

В отличие от металлических подшипниковых материалов древесно-слоистые пластики прирабатываются при отсутствии высоких местных удельных давлений и температур. Приработка происходит без интенсивного изнашивания. При приработке ДСП полностью исключаются наволакивание, налипание, заедания и прочие повреждения трущихся поверхностей.

Процесс приработки ДСП может производиться в широком диапазоне удельных нагрузок до $300\text{--}400\text{ кг/см}^2$ при скоростях скольжения от сотых долей до нескольких метров в секунду и средних температурах на трущихся поверхностях в случае водяной смазки до $30\text{--}40^\circ\text{C}$, а на масляной до 70°C .

Достигнутая приработка у вкладышей из ДСП каждый раз нарушается после остановки, при изменении скорости и особенно нагрузок. Это происходит из-за явления упругого последействия. Повторная, или так называемая эксплуатационная, приработка происходит в зависимости от нагрузки и скорости скольжения, но в 5—10 раз быстрее первоначальной. Окончание приработки оценивается установившимся моментом трения или стабилизацией температуры трущихся поверхностей или температуры смазки на выходе без изменения ее расхода. Продолжительность первоначальной приработки в зависимости от чистоты поверхности вала, удельной нагрузки и скорости скольжения колеблется от 2 до 8—10 час. Приработку следует производить постепенно увеличивая нагрузку на постоянной скорости или изменяя скорость при постоянной нагрузке, но всегда с обильной смазкой.

Износостойкость подшипникового материала оценивается интенсивностью или скоростью изнашивания. Интенсивность изнашивания есть отношение линейного износа к пути трения, а скорость изнашивания — отношение линейного износа ко времени, в течение которого образовался оцениваемый износ.

Как первое, так и второе отношения не являются постоянными величинами, характеризующими свойства данного материала. Они изменяются в зависимости от условий и режима работы узла трения. Износостойкость данного материала оценивается сравнительными испытаниями

в одинаковых условиях с другими материалами.

Практика применения ДСП в узлах трения показала, что износостойкость древесно-слоистых пластиков в условиях несовершенного вида трения при смазывании минеральными маслами и водой, а также в абразивных средах намного выше, чем высокоалюминистой бронзы и чугунов.

Износ шеек валов и поверхностей осей с древеснопластиковыми вкладышами при прочих равных условиях в 5—15 раз меньше, чем при сопряжении с бронзовыми и чугунными.

Сопроотивление трению скольжения. Коэффициент трения скольжения у древесно-слоистого пластика по стали при вращательном движении и смазывании минеральными маслами может изменяться в широких пределах: от 0,180 до 0,008.

Результаты исследований при работе трущихся поверхностей в условиях граничной смазки указывают на то, что коэффициент трения уменьшается с увеличением удельных нагрузок и скоростей скольжения, повышение же температуры на поверхностях скольжения вызывает ухудшение антифрикционных свойств ДСП.

Аналогичное явление имеет место, когда скорости скольжения в узле трения и расход смазки способствуют образованию более совершенного вида трения. В этих условиях коэффициент трения с увеличением удельной нагрузки может уменьшиться в значительно большее количество раз.

При смазывании узлов трения с вкладышами из ДСП чистой водой антифрикционные свойства их заметно повышаются в сравнении с тем, когда производится смазывание минеральными маслами.

Данные, приведенные в табл. 305, показывают высокие антифрикционные свойства древесно-слоистых пластиков при смазывании водой при вращательном движении на малых и средних нагрузках. Данные о величинах коэффициентов трения, содержащиеся в табл. 305, свидетельствуют о возможности образования трения, близкого к жидкостному, даже в коротких подшипниках с отношением

$\frac{l}{d} = 0,5$. Эти же данные показывают, что такое трение в подшипнике при смазывании его водой возможно в широком диапазоне значений относительных зазоров ϕ , равных от 0,001 до 0,003 при сравнительно

305. Коэффициенты трения при вращении стального вала во вкладыше из ДСП
($d = 85$ мм, смазка водой при температуре поверхностей 20°C)

Относительный зазор $\psi = \frac{d_n - d_s}{d_n}$	$\frac{l}{d}$	Удельная нагрузка на подшипники в кг/см^2	Скорость вращения вала v в м/сек				
			2,1	3,0	4,0	5,0	6,25
0,0012	0,7	5,0	0,0047	0,0026	0,0021	0,0014	0,0015
		10,0	0,0051	0,0040	0,0037	0,0028	0,0022
		15,0	0,0042	0,0031	0,0022	0,0031	0,0020
		20,0	0,0022	0,0018	0,0013	0,0012	0,0006
	0,5	7,0	0,0102	0,0076	0,0070	0,0061	0,0055
		14,0	0,0050	0,0038	0,0039	0,0024	0,0022
		21,0	0,0052	0,0037	0,0031	0,0025	0,0027
		28,0	0,0048	0,0023	0,0015	0,0013	0,0006
0,0020	0,7	5,0	0,0061	0,0056	0,0046	0,0057	0,0041
		10,0	0,0020	0,0019	0,0017	0,0015	0,0017
		15,0	0,0020	0,0021	0,0022	0,0031	0,0017
		20,0	0,0014	0,0010	0,0010	0,0013	0,0007
	0,5	7,0	0,0036	0,0029	0,0025	0,0025	0,0021
		14,0	0,0029	0,0022	0,0023	0,0024	0,0022
		21,0	0,0013	0,0009	0,0003	0,0005	0,0004
		28,0	0,0019	0,0011	0,0010	0,0010	0,0010
0,0029	0,7	5,0	—	—	—	—	—
		10,0	0,0039	0,0022	0,0017	0,0012	0,0011
		15,0	0,0023	0,0025	0,0016	0,0016	0,0012
		20,0	0,0022	0,0022	0,0018	0,0016	0,0015
	0,5	10,0	0,0034	0,0025	0,0028	0,0021	0,0016
		21,0	0,0028	0,0026	0,0023	0,0023	0,0016
		28,0	0,0019	0,0024	0,0012	0,0020	0,0004

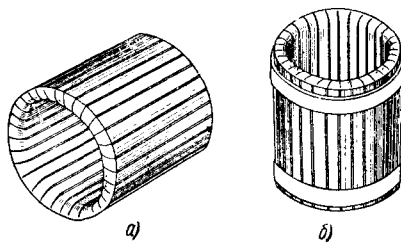
небольших скоростях скольжения и довольно высоких удельных нагрузках.

Коэффициенты трения в начале движения больше, чем при установившемся движении, на 20—25%. Продолжительность времени контакта трущихся поверхностей под нагрузкой в условиях граничного трения вызывает возрастание коэффициента трения на 10—20% только в течение первых 2—3 мин. для воздушно-сухого древесно-слоистого пластика и в течение нескольких секунд при увлажнении материала до степени его насыщения водой.

На антифрикционные свойства ДСП значительно влияние оказывает степень его уплотнения (особенно в условиях граничной смазки и при высоких удельных нагрузках). Поэтому для достижения минимальных значений коэффициента трения при несовершенных видах трения и смазывании водой материал втулок и вкладышей из ДСП в направлении его

прессования необходимо дополнительно уплотнять.

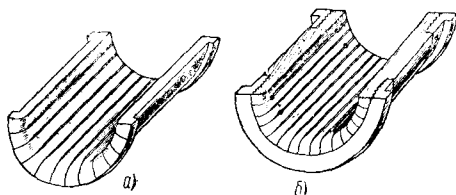
Наборные вкладыши из ДСП. Наборные вкладыши из древесно-слоистых пла-



Фиг. 231. Наборные втулки из брусков ДСП: а — склеенная смоляным клеем ВИАМ-БЗ; б — в металлических бандажах (обручах).

стиков могут быть практически изготовлены любых форм и размеров (фиг. 231 и 232). Исходным конструктивным элементом для всех наборных вкладышей является

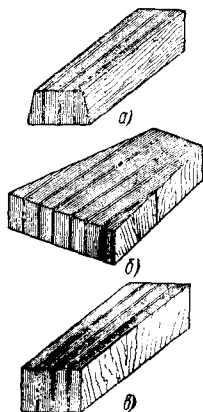
вырезанный из плиты ДСП брусок с прямоугольным поперечным сечением, которому в зависимости от формы и величины



Фиг. 232. Наборные вкладыши из брусков ДСП: а — склеенные смоляным клеем ВИАМ-БЗ; б — в навинчиваемых металлических полукольцах с буртами; крайние бруски к полукольцам приклеиваются заклепками внутрь.

вкладыша механической обработкой придается надлежащая конфигурация и размеры (фиг. 233).

Рабочие поверхности вкладышей для всех условий и режимов работы, учитывая свойства ДСП, необходимо выполнять



Фиг. 233. Конструктивные элементы: а — для втулок и вкладышей с цилиндрическими рабочими поверхностями; б — для плоских круглых поверхностей; в — для плоских прямоугольных поверхностей.

чистоты рабочей поверхности, полученной путем механической обработки или в процессе ее приработки.

Толщина стенок наборных втулок и вкладышей, склеенных из отдельных брусков, исходя из условия обеспечения механической прочности и неизменяемости геометрической формы изделия при его изготовлении, монтаже и ремонте, не

должна быть менее $h = kd$, где d — внутренний номинальный диаметр изделия в мм; k — коэффициент, зависящий от величины диаметра, выбирается по табл. 306.

306. Значение коэффициента k

d	40—90	100—150	160—200	220—280	300—420	450—600
k	0,120	0,100	0,090	0,075	0,060	0,050

Стенки толщиной более 30 мм делать не следует даже у вкладышей самых больших диаметров, встречающихся в практике.

Ширину большого основания у конструктивного элемента для цилиндрических втулок и вкладышей целесообразно назначать не более четырех его толщин в изделии. При этом условии обеспечивается наименьшая деформация стенки изделия в направлении длины волокон под действием нагрузки.

Во втулках и вкладышах с малой толщиной стенок при отношении ширины основания b к толщине конструктивного элемента h в изделии больше чем 4:1 не исключена возможность выпучивания стенки.

Натяг при запрессовке должен быть достаточным, чтобы обеспечивать неподвижность соединения втулок из древесно-слоистых пластиков с корпусами узлов трения. Кроме того, чем больше величина натяга, тем выше водостойкость, механическая прочность и подшипниковые свойства трущихся поверхностей втулок вкладышей из древесно-слоистых пластиков. Хорошие результаты достигаются при применении натягов, величина которых определена по формуле

$$\Delta = (0,01 - 0,03) d,$$

где d — номинальный внутренний диаметр изделия.

Для плоских прямоугольных рабочих поверхностей величина натяга не должна быть меньше 1,0% ее ширины и для плоских круглых 1,0% среднего диаметра.

Зазоры во втулках и вкладышах из ДСП между их рабочими поверхностями и валами (осями) должны выбираться с учетом ожидаемого температурного перепада на трущейся поверхности вала или оси, вида трения, режима работы узла трения и его нагруженности и свойств смазочного материала.

При больших зазорах увеличиваются фактические удельные нагрузки и ухудшаются условия образования смазочного слоя между валом и вкладышем.

При назначении величины зазора можно пользоваться следующей формулой:

$$\delta = (0,005 - 0,0025) d + \Delta,$$

где d — диаметр вала; Δ — натяг, с которым запрессовывается втулка.

Большой предел применяется для малых, а меньший для больших диаметров.

Длина втулки или вкладыша из ДСП определяется по формуле

$$l = (0,5 - 1,2) d.$$

Меньший предел относится ко втулкам и вкладышам, работающим в условиях несовершенного вида трения, а больший — к узлам, в которых обеспечивается жидкостное трение.

Угол обхвата вала вкладышем более 140° делать не следует. Опыт показывает, что для многих узлов трения величина угла обхвата 120° является оптимальной.

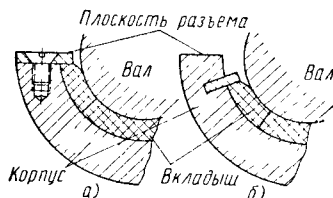
На внешней поверхности втулок под запрессовку делают фаску под углом $5-15^\circ$ шириной $l = (0,05 - 0,1) d$. Такая же фаска делается в корпусе, в который запрессовывается втулка. На внутренней поверхности у торцов втулки (вкладыша) вместо фасок делают скругления радиусом, равным до $1/3$, а на наружную — до $1/5$ толщины их стенок.

Чистота обработки трущихся поверхностей у втулки и вкладыша из ДСП, работающих в условиях полужидкостного или граничного вида трения, должна быть не ниже 5-го класса по ГОСТ 2789-51. Для работы в условиях жидкостного или близкого к нему по виду трения чистота обработки трущихся поверхностей не должна быть ниже 7-го класса.

Чистота рабочей поверхности вала или оси, сопряженной со втулкой или вкладышем из ДСП, для всех условий работы должна быть не ниже 7-го класса по ГОСТ 2789-51.

Разъемные вкладыши по плоскости разреза в корпусах узлов трения следует обязательно замыкать металлическими планками, врезанными в тело корпуса или привернутыми к нему винтами так, как показано на фиг. 234. Если подшипник работает на водяной смазке или на смазке водной эмульсией, замыкающие планки и их крепление должны быть рассчитаны

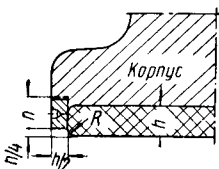
на прочность. При этом необходимо учитывать, что на каждый сантиметр длины такой планки может действовать нагрузка, равная сумме сил от запрессовки вкладыша в корпус и от его разбухания (силы



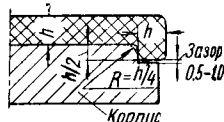
Фиг. 234. Крепление разъемных вкладышей в корпусах подшипников: а — по плоскости разреза корпуса; б — в радиальном сечении корпуса.

разбухания могут достигнуть величины 200 кг/см^2).

Ограничивать втулки и вкладыши без буртов по их длине необходимо только в случаях, если неизбежное их удлинение от разбухания нежелательно. Ограничивающие устройства следует выполнять в виде шайб (фиг. 235) и рассчитывать на усилия от разбухания, которые могут



Фиг. 235. Ограничение по длине втулки из брусков ДСП в корпусе при помощи винченных плоских шайб.



Фиг. 236. Сопряжение вкладыша из ДСП с буртами с корпусом подшипника.

достигнуть 20 кг/см^2 на поверхности торцов.

Бурты у разъемных вкладышей и их сопряжение с корпусами подшипника необходимо выполнять так, как показано на фиг. 236. При этом высота бурта не должна быть больше половины, а ширина больше толщины стенки вкладыша (бурты, имеющие размеры и сопряжение с корпусами такие же, как у бронзовых или чугунных вкладышей, как правило, обламываются).

Внешняя поверхность вкладышей из ДСП должна быть гладкой, никаких проточек делать не следует.

Удельные нагрузки и скорости скольжения в узлах трения с вкладышами

307. Основные размеры наборных и клееных втулок из ДСП

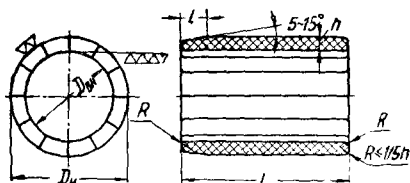
Размеры в мм

Вал	Втулка						Ступица	Натяг на за- прессовку		Предельный зазор после запрессовки втулки	
	Внутренний диаметр			Наружный диаметр							
	Номинальный размер	Отклонение		Номинальный размер	Отклонение						
		верхнее	нижнее		верхнее	нижнее					
Номинальный диаметр							наиб.	наим.		наиб.	наим.
40	40	+0,45	+0,40	50	+0,40	+0,35	50	0,40	0,30	0,25	0,03
45	45	+0,50	+0,45	55	+0,45	+0,39	55	0,45	0,33	0,27	0,03
50	50	+0,55	+0,50	65	+0,50	+0,44	65	0,50	0,38	0,27	0,03
60	60	+0,66	+0,60	75	+0,60	+0,54	75	0,60	0,48	0,30	0,04
70	70	+0,76	+0,70	85	+0,70	+0,63	85	0,70	0,56	0,32	0,04
80	80	+0,86	+0,80	95	+0,80	+0,73	95	0,80	0,66	0,32	0,04
90	90	+0,97	+0,90	110	+0,90	+0,83	110	0,90	0,76	0,35	0,05
100	101	+0,07	0,00	121	0,00	-0,08	120	1,0	0,84	0,37	0,05
110	111	+0,17	+0,10	131	+0,10	-0,02	130	1,10	0,94	0,37	0,05
125	126	+0,33	+0,25	151	+0,25	-0,17	150	1,25	1,09	0,40	0,06
140	141	+0,48	+0,40	166	+0,40	-0,32	165	1,40	1,24	0,40	0,06
160	161	+0,68	+0,60	191	+0,60	-0,51	190	1,60	1,42	0,42	0,06
180	181	+0,89	+0,80	211	+0,80	-0,71	210	1,80	1,62	0,43	0,06
200	202	+0,09	+0,00	232	+0,00	-0,09	230	2,0	1,82	0,46	0,07

из ДСП можно допускать такие же, как и для узлов трения с вкладышами из лучших антифрикционных высокоолевающих бронз*.

Малая теплопроводность древесно-слоистых пластиков вызывает необходимость отводить с трущихся поверхностей развивающееся от трения тепло смазочными материалами, если оно не может быть отведено валом или осью.

На фиг. 237 и 238 представлены типовые конструкции набранных из брусков



Фиг. 237. Типовая конструкция втулки, набранной из брусков ДСП и склеенной клеем ВИАМ-БЗ.

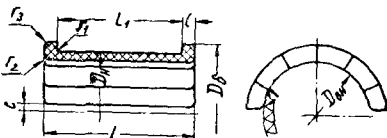
ДСП клееной втулки и разъемного вкладыша из двух половин, а в табл. 307 и 308

* В практике имеется много примеров, когда узлы трения с вкладышами из ДСП успешно работают с удельными нагрузками в 2-3 раза большими, чем это допускается на те же узлы трения с бронзовыми вкладышами.

даны их размеры для диаметров от 40 до 200 мм.

Узлы трения с вкладышами и втулками из ДСП могут смазываться водой без примеси абразивных частиц, вод-

▽▽5 ОСТАЛЬНОЕ



Фиг. 238. Типовая конструкция вкладыша, набранного из брусков ДСП и склеенного клеем ВИАМ-БЗ.

ными эмульсиями минеральных масел, жидкими минеральными маслами и концентрированными минеральными маслами и смазками.

Лучшим смазочным материалом для подшипников из ДСП является вода, обеспечивающая хороший отвод тепла с трущихся поверхностей и минимальную величину трения.

Трущиеся поверхности валов и осей из углеродистой стали при смазке водой следует защищать от коррозии. Такой защитой может являться покрытие стальных деталей нержавеющей сталью способом

208. Основные размеры наборных и клееных разъемных вкладышей из ДСП

Диаметр вала d_0 в мм	Размеры вкладыша в мм									
	$D_{вн}$	D_H	D_0	L	L_1	l	r_1	r_2	r_3	c
50	50	65	70	50	40	5	2,5	3	4	2,5
60	60	75	80	60	48	6	2,5	3	4	2,5
70	70	85	91	70	56	7	3	4	4	2,5
80	80	95	101	80	64	8	3	4	5	2,5
90	90	110	116	90	72	9	3	4	5	2,5
100	100	120	127	100	80	10	3	4	5	3,0
110	110	130	137	110	88	11	4	5	6	3,0
125	125	150	158	125	101	12	4	5	6	3,0
130	130	155	165	130	104	13	4	5	6	3,0
140	140	165	175	140	112	14	4	5	6	3,0
150	150	175	185	150	120	15	4	5	7	3,0
160	160	190	200	160	128	16	5	6	7	4,0
180	180	210	222	180	144	18	5	6	7	4,0
200	200	230	245	200	160	20	5	6	7	4,0

Примечание. Допускаемые отклонения по диаметру d_0 — x_3 ; по диаметру $D_{вн}$ A_3 ; по диаметру D_H и D_0 C_3 ; по длинам вкладыша L_0 и L_1 X_3 .

металлизации (толщина слоя от 1,5 до 2,5 мм).

Канавки для смазки на рабочей поверхности втулок и вкладышей из ДСП делать не рекомендуется за исключением подшипников особо больших размеров. В этих случаях профиль смазочной канавки в поперечном ее сечении должен быть криволинейным и плавно сопрягаться с трущейся поверхностью, так как это рекомендуется делать на металлических вкладышах.

В подшипниках больших размеров иногда целесообразно от плоскости разъема вкладыша устраивать серповидные смазочные карманы.

Подавать смазку на трущиеся поверхности необходимо только в ненагруженную зону вкладыша или втулки.

При выборе смазочных материалов и определении их расхода можно

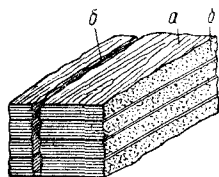
пользоваться данными, приведенными в табл. 309.

В табл. 309 к первой группе узлов трения относятся подшипники с прерывным и кратковременным режимом работы, у которых тепло трения с рабочей поверхностью надежно отводится в окружающую среду валом или осью; ко второй группе — подшипники с непрерывным тихоходным или быстроходным, но кратковременным режимом работы, с быстро вращающимся валом, у которых тепло трения с рабочих поверхностей отводится валом и смазочным материалом, но не специально подаваемым для этой цели; к третьей группе — подшипники, работающие на непрерывном режиме, с быстро вращающимся валом (тепло трения с рабочих поверхностей отводится главным образом смазочным материалом).

309. Род смазки и расходы смазочных материалов для подшипников с вкладышами из ДСП

Группа узлов трения	Вода в л/см ² час	Эмульсия в л/см ² час	Минеральное масло в л/см ² час	Консистентная смазка в г/см ² час
Первая при удельной нагрузке $k \leq 50$ кг/см ²	—	—	0,03—0,01	0,02—0,05
То же при удельной нагрузке $k \geq 50$ кг/см ²	—	—	0,006—0,02	0,50—0,10
Вторая при удельной нагрузке $k \leq 50$ кг/см ²	0,02—0,05	0,05—0,08	0,05—0,10	—
То же при удельной нагрузке $k \geq 50$ кг/см ²	0,05—0,10	0,08—0,12	0,10—0,20	—
Третья при удельной нагрузке $k \leq 50$ кг/см ²	0,08—0,12	0,10—0,15	0,15—0,25	—
То же при удельной нагрузке $k \geq 50$ кг/см ²	0,15—0,20	0,20—0,25	0,30—0,50	—

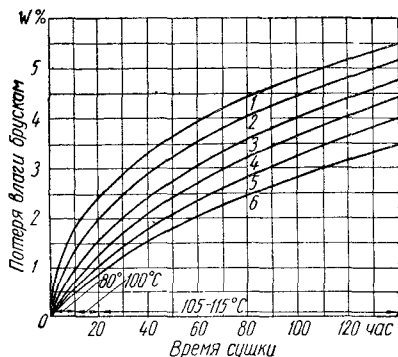
Технология изготовления наборных втулок, вкладышей и плоских поверхностей из брусков ДСП. Распиловка плит ДСП на бруски (фиг. 239) производится дисковой пилой диаметром 250—350 мм из стали ЭИ262 по ГОСТ 2679-44 при скорости вращения диска пилы 2000—3000 об/мин и подаче от 0,15 до 0,25 мм/об пилы.



Фиг. 239. Разрезка плиты ДСП на бруски: а — поверхность прессования материала; б — плоскости реза.

Сушка нарезанных брусков обязательна для всех втулок и вкладышей, предназначенных работать на минеральных смазках и на смазке водой, если в этом случае будут иметь место длительные перерывы в работе. Сушить бруски надлежит до 4% влажности.

Сушка брусков обычно производится в воздушной среде при ступенчатом повышении температуры на 10—15° С, начиная с 30° С, через 36—48 час. до 70—80° С в течение 7—10 суток. На последней ступени бруски сушатся в зависимости от их высоты и исходной влажности от 3 до 5 суток. Более целесообразно этот процесс вести в парафиновой ванне



Фиг. 240. График режима сушки брусков ДСП в парафиновой ванне при толщине бруска: 1—15 мм; 2—20 мм; 3—25 мм; 4—30 мм; 5—35 мм; 6—40 мм.

по режиму, выбираемому по графику (фиг. 240). Для этой цели пригоден парафин любой марки по ГОСТ 784-53.

Исходная влажность брусков ДСП определяется по разности веса измельченного кусочка материала весом 3—5 г до и после

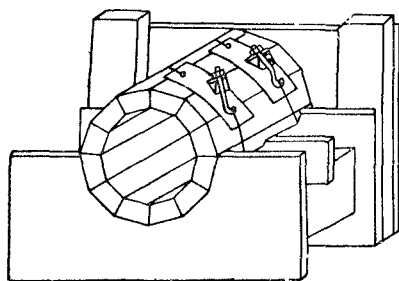
его сушки в сушильном шкафу при температуре 105—115° С в течение 24 час.

Сушка брусков производится в штабелях, в которые бруски укладываются с зазорами 5—10 мм и так, чтобы торцовые их поверхности были свободны.

Обработка высушенных брусков производится на металлообрабатывающих фрезерных станках фрезами со спиральным расположением режущих кромок. Фрезерование целесообразно вести при окружной скорости фрезы не менее 4 м/сек. Глубина резания при черновой обработке не более 3 мм, а при чистовой 0,2 мм, с подачей фрезы от 0,5 до 1,0 мм/об. Вначале у брусков фрезеруют основания, а затем боковые поверхности.

Приготовление клея должно производиться в тонком стеклянном или металлическом эмалированном чистом и сухом сосуде, охлаждаемом снаружи проточной холодной водой.

Для склеивания заготовок наиболее целесообразно употреблять смоляной клей ВИАМ-БЗ, состоящий из 100 вес. ч. бари-



Фиг. 241. Приспособление для сборки и склеивания заготовок из брусков ДСП.

товой смолы, ВИАМ-Б состоящий из 10—12 вес. ч. технического чистого ацетона и 10—15 вес. ч. керосинового контакта Петрова 1-го сорта (нефтесульфиды).

После смешения смолы с ацетоном в сосуд постепенно вливают контакт Петрова при непрерывном перемешивании содержимого до получения однородной клеевой массы.

Клей пригоден к употреблению в течение 2 час. после его приготовления.

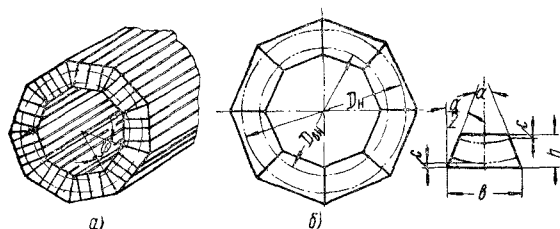
Сборка и склеивание заготовок из брусков ДСП производятся в приспособлении (фиг. 241).

Поверхности брусков очищаются от пыли и обезжириваются ватой, смоченной в ацетоне, за 10—15 мин. до нанесения клея. Клей наносят ровным тонким слоем

щетиной кистью в одном направлении. Нанесенный па бруски клей до их укладки в приспособление необходимо выдерживать 10—15 мин.

При склеивании заготовку сжимают гибкими хомутами с усилием, обеспечивающим давление $4\text{--}5 \text{ кг/см}^2$ склеиваемой поверхности по диаметальному сечению заготовки.

Стянутые хомутами заготовки помещают в сушильный шкаф для полимеризации клея. Процесс полимеризации протекает 3—4 часа при температуре $40\text{--}45^\circ \text{C}$.



Фиг. 242. Общий вид заготовки: а — вид на торец заготовки из трапециевидных брусков; б — вид на торец одного бруска.

Склеивание считается окончанным, когда клей приобрел светло-розовый цвет.

При сборке заготовок из брусков в бандажных кольцах последние напрессовывают с натягом, равным величине половины натяга на запрессовку втулок, предусмотренного в табл. 310. Наружный диаметр кольца должен быть равен наружному диаметру втулки в запрессованном состоянии. Ширина кольца должна быть 1,5—2,5, а толщина 0,2—0,25 толщины стенки втулки.

Обработка склеенных заготовок втулок и вкладышей производится на обычных металлообрабатывающих токарных станках резцами из быстрорежущей стали или резцами с пластинами из твердых сплавов. Режущую кромку у резцов целесообразно закруглить радиусом 1,0—1,5 мм.

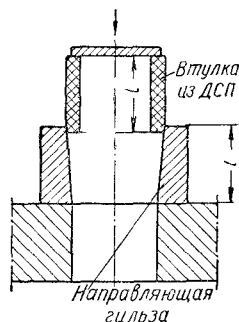
Обработку рекомендуется производить на следующих режимах резания: скорость резания 5—8 м/сек, глубина резания при черновой обработке 2—3 мм, при чистовой 0,05—0,1 мм; подача 0,10—0,15 мм/об.

Обточку и расточку заготовок размерами большими 100 мм в целях предохранения следует производить в хомутах. При зажиме заготовки в патроне станка следует принимать меры против раздавливания и недопустимого ее деформирования. С этой целью против кулачков патрона изнутри заготовки ставят диафрагмы

(заглушки) из листового металла толщиной 3—5 мм.

На фиг. 242 показаны общий вид заготовки и бруска из ДСП, а в табл. 310 и 311 приведены основные их размеры для втулок и вкладышей с буртами.

Размер большего основания бруска должен быть на 1,0—1,5 мм меньше толщины плиты ДСП.

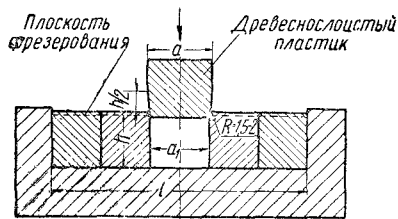


Фиг. 243. Запрессовка втулок с натягом $\Delta > 0,01d$.

Заготовки разъемных вкладышей после точения разрезаются вдоль образующей по плоскости их разреза ножовкой или на фрезерных станках дисковой фрезой.

Запрессовка втулок с натягами большими, чем предусмотрено в табл. 307, в их корпуса производится при помощи направляющих конусных гильз (фиг. 243).

Запрессовка брусков ДСП в металлические обоймы для образования плоских трущихся поверхностей производится так, как показано на фиг. 244. Усилие запрес-



Фиг. 244. Запрессовка среднего бруска при образовании плоской трущейся поверхности из древесно-слоистого пластика; натяг $\Delta = a - a_1 = (0,01 - 0,015) l$.

совки зависит от величины натяга и исходной плотности материала; его величина колеблется от 300 до 500 кг на 1 см длины бруска.

310. Количество и размеры брусков и заготовок для втулки из ДСП

Номинальный диаметр оси или вала в мм	Размеры склеенной заготовки в мм		Количество брусков в заготовке	Размеры брусков для заготовки			
	Диаметр описанной окружности	Диаметр вписанной окружности		Угол фрезерования	Ширина бруска в мм	Высота бруска в мм	Рекомендуемая длина в мм
40	38	53	6	30°	30,4	10,0	340
45	43	58	8 6	22°30' 30°	21,9 33,5	9,0 10,0	325
50	48	68	8 6	22°30' 30°	24,0 39,3	9,5 13,3	300
60	58	78	9 6	20° 30°	24,8 45,1	11,5 13,9	350
70	68	88	9 10	20° 18°	28,5 28,7	11,9 11,9	325
80	78	98	12 8	15° 22°30'	23,7 40,8	11,2 13,0	365
90	88	114	9 10	20° 18°	35,8 37,0	12,4 20,0	310
100	98	124	15 10	12° 18°	24,2 40,3	15,0 15,5	340
110	108	134	12 10	15° 18°	33,3 43,6	15,0 16,0	370
125	123	155	15 12	12° 15°	28,5 41,5	15,0 18,0	285
140	138	170	15 18	12° 10°	32,9 30,0	17,5 17,5	315
160	158	195	20 15	9° 12°	27,0 41,5	17,5 20,5	355
180	178	216	18 18	10° 10°	34,4 38,0	20 19	210
			20 20	9° 9°	34,2 37,4	20 20,5	395
200	198	236	30	6°	24,8	22,5	230

311. Количество и размеры брусков и заготовок для разъемных вкладышей из ДСП

Номинальный диаметр вала d в мм	Размеры склеенной заготовки в мм		Количество брусков в заготовке n	Размеры брусков для заготовки			
	Диаметр описанной окружности $D_{\text{вн}}$	Диаметр вписанной окружности $D_{\text{нар}}$		Угол фрезерования $\frac{\alpha}{2}$	Ширина бруска в мм	Высота бруска в мм	Рекомендуемая длина в мм
50	47	73	8	22°30'	30	14,5	300
60	57	83	10 8	18° 22°30'	23,6 34,2	13,5 14,7	
70	67	93	9 8	20° 22°30'	34,3 38,7	14,3 15,6	290
80	77	103	9 9	20° 20°	34,1 37,7	15,1 15,3	330
90	87	119	10 9	18° 20°	33,6 43,3	14,9 18,7	290
100	97	130	10 10	18° 18°	38,7 42,3	18,2 18,9	320
110	107	140	12 12	15° 15°	34,8 37,5	18,2 18,4	350
125	121	162	15 12	12° 15°	29,7 43,2	17,7 22,1	270
130	126	159	15 16	12° 11°15'	34,3 33,8	21,4 22,3	290
140	136	179	18 15	10° 12°	29,7 37,9	22,0 22,5	300
150	146	189	20 15	9° 12°	28,3 40	21,9 22,6	320
160	156	204	16 15	11°15' 12°	37,8 43,3	22,5 25,2	350
180	176	226	20 18	9° 10°	32,3 39,8	24,5 25,9	360
200	196	249	24 18	7°30' 10°	29,7 43,9	25,3 28	215
			20	9°	39,4	27,7	235

После запрессовки рабочая поверхность должна быть прострогана или профрезерована на металлообрабатывающих станках. Поэтому бруски необходимо по высоте делать с припуском 2—3 мм.

Втулки и вкладыши, изготовленные в запас, должны консервироваться. Для консервации готовые изделия погружаются на 5 мин. в ванну с расплавленным парафином, нагретым до температуры 75° С. Прогретые изделия вынимаются из ванны для охлаждения (на 7—10 мин.), затем погружаются на 30—40 сек. в расплавленный парафин, нагретый до 55° С.

Законсервированные и упакованные в парафинированную бумагу изделия могут храниться в складских помещениях несколько лет.

Пластмассовые накладные направляющие

Области применения. Накладные направляющие из пластмасс следует вводить при ремонте и модернизации станков,

у которых чугунные направляющие в процессе эксплуатации получают повреждения в виде интенсивных задиров, т. е. когда основным видом изнашивания направляющих является не абразивное изнашивание, а заедание—контактное схватывание.

Наибольший эффект применение накладных пластмассовых направляющих даст в тяжелых станках. Но во многих случаях установка их оказывается целесообразной и в станках средних размеров при наличии значительных задиров на направляющих, особенно в узлах с относительно небольшой фактической длиной хода, порядка длины их направляющих.

Основными видами пластмасс для накладных направляющих станков являются текстолит марки ПТ (накладки толщиной 3 мм, крепление — приклеивание) и текстолит металлургического марки Б (накладки толщиной 10 мм, крепление винтами и штифтами). Свойства пластмасс указаны в табл. 312.

312. Свойства пластмасс

Показатели	Текстолит			Гетинакс Б	Винилпласт 10	Кордолокнит I-Г *
	металлургический Б	2	ПТ			
ГОСТ или технические условия	ВТУ МХП 4184-54	ТУ МХП 398-41	ГОСТ 5-52	ГОСТ 2718-44	ВТУ ГХП 88-48	—
Удельный вес в $Г/см^3$	1,3—1,4	1,3—1,4	—	1,3—1,4	1,35—1,40	1,32—1,35
Коэффициент линейного термического расширения $\alpha \cdot 10^6$	—	—	33—41	20	60—70	—
Теплостойкость по Мартенсу в °С не менее	120	—	125	150	65	106—113
Водопоглощение при температуре 20° С за 24 часа при толщине плит свыше 10 мм в $Г/дм^2$ не более	0,7	—	0,35	—	0,016—0,073 **	0,14—0,13
То же в %	1,5	1,5	0,8	2	—	0,4—0,5
Маслопоглощение при температуре 20° С за 24 часа на стандартных образцах $10 \times 15 \times 120$ мм ³ в $Г/дм^2$	0,1—0,3	—	0,1—0,15	—	Сток	—
То же в %	0,25—0,9	—	0,25—0,45	—	—	0,2—0,3
Удельная ударная вязкость в $кгсм/см^2$ не менее	—	25	35	20	120	18
Твердость H_B в $кг/мм^2$	Не менее 28	⊥ слоям	—	⊥ слоям 25	15—16	13—16
при растяжении	—	—	850 по основе 580 по утку	1600	400—600	200—300
Предел прочности в $кг/см^2$ не менее:	1100 слоям 1900 ⊥ слоям	—	1300 слоям 2300 ⊥ слоям	1635	800—1000	700—800
при изгибе	1500 ⊥ слоям	1200 ⊥ слоям	1450	1300 ⊥ слоям	1000—1200	400—500

* Приведены фактические показатели, полученные заводом „Карболит“ (Орехово-Зуево).

** Водопоглощение за 60 суток.

При отсутствии текстолитов указанных марок заменителями, которые могут применяться только при ремонте станков с малыми скоростями скольжения в направляющих (порядка скоростей подачи), являются менее дефицитные и сравнительно дешевые следующие пластмассы: винипласт, гетинакс марки Б и волокнит. Для повышенных скоростей скольжения гетинакс и особенно винипласт непригодны.

Новым видом пластмассы для накладных направляющих, предназначенным для замены текстолитов, является графитизированный кордоволокнит, обладающий высокой износостойкостью. Кордоволокнит не содержит дефицитной ткани (наполнитель — кордовое волокно, получаемое в результате дополнительной очистки отходов от переработки изношенных автопокрышек) и имеет примерно в 5 раз меньшую стоимость, чем текстолит ПТ.

Накладные направляющие из пластмассы должны работать в паре с чугунными или стальными направляющими.

Введение накладных направляющих из пластмассы вместо бронзы в тяжелых станках обеспечивает большую долговечность направляющих, а также значительную экономию в стоимости материалов. Если стоимость плит из текстолита металлургического марки Б принять за единицу, то относительная стоимость плит из бронзы Бр. ОЦС 6-6-3 и пластмасс составляет: бронзы—7,0; текстолита марки ПТ—2,8; текстолита марки 2—2,1; гетинакса марки Б—0,8; волокнита—0,7; кордоволокнита и древесно-слоистых пластиков 0,5—0,6; винипласта — 0,5*.

Конструкция. Накладные пластины из пластмассы в станках с прямолинейными направляющими следует устанавливать, как правило, на закрытых направляющих перемещаемых узлов и деталей (столов, салазок, бабок, ползунов и т. п.).

Это обусловлено следующим:

а) для сохранения точности станка необходимо, чтобы минимальный износ имели направляющие станины;

б) возможностью повреждения открытых менее прочных направляющих из пластмассы.

В станках с круговыми направляющими (карусельных и т. п.) пластины из пласт-

массы могут быть установлены как на станине, так и на планшайбе, однако рекомендуется устанавливать их на круговых направляющих планшайбы, поскольку при этом уменьшаются температурные деформации планшайбы и снижается трудоемкость последующих ремонтов.

Рекомендации по установке накладных направляющих из пластмасс в узлах тяжелых станков приведены в табл. 313.

В станках средних размеров с открытыми направляющими станин при малых скоростях скольжения перемещаемых узлов установка накладных направляющих из пластмасс рекомендуется (в случаях, когда в процессе эксплуатации на направляющих образуются значительные задиры) на салазках суппортов токарных и револьверных станков, салазках и столах расточных станков, салазках силовых головок агрегатных станков, камнях кулис поперечно-строгальных станков, ползунах протяжных станков, столах продольно-фрезерных станков и т. д.

Пластмассовые накладные направляющие следует устанавливать как на основных (верхних горизонтальных или наклонных) гранях перемещаемых узлов, так и (при наличии задиrow) на боковых гранях, клиньях и планках. Накладки для боковых граней, клиньев и планок изготавливаются из текстолита марки ПТ. При повышенных давлениях (более 10 кг/см²) их следует изготавливать из бронзы Бр. ОЦС 6-6-3 или цинкового сплава ЦАМ 10-5.

Текстолит металлургический марки Б, текстолиты марок ПТ и 2, а также гетинакс должны устанавливаться на направляющих тяжелых станков плашмя, т. е. так, чтобы слои наполнителя располагались параллельно плоскости скольжения. Установка текстолита марок ПТ и 2 на торец (расположение слоев ткани перпендикулярно плоскости скольжения) из условий долговечности целесообразна, однако такой метод установки текстолита имеет существенные недостатки (увеличение отходов при разрезании плит, недостаточная для многих случаев максимальная толщина стандартных плит — 70 мм), и для большинства станков, особенно тяжелых, не рекомендуется*.

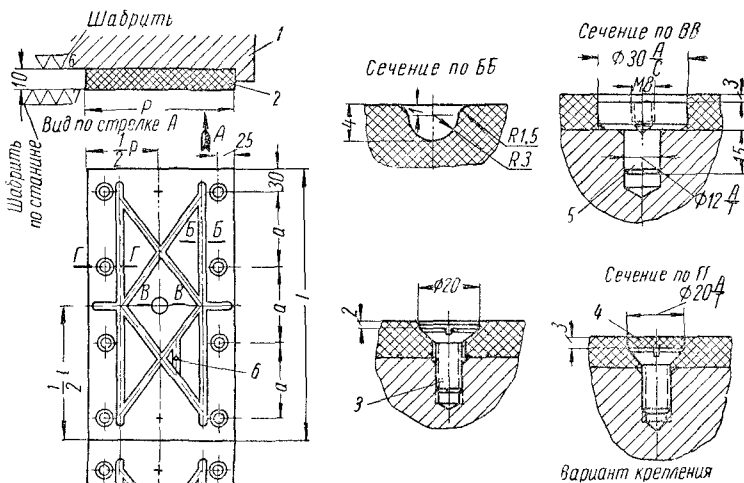
* При установке на торец накладки вырезаются из толстых плит; плоскость разреза, параллельная торцу плиты, является рабочей. Для получения накладок шириной более 70 мм следует применять косые срезы под углом не более 45° к торцовой плоскости плиты.

* Сравнивается стоимость единицы объема материалов (цены, введенные с июля 1955 г.), т. е. с учетом удельного веса. Стоимость 1 м³ плиты (плиты) из бронзы Бр. ОЦС 6-6-3 принята 15 000 руб.

313. Узлы тяжелых металлорежущих станков, в которых рекомендуется устанавливать накладные пластмассовые направляющие

Тип станка		Узел, в котором устанавливаются накладные направляющие	Вид пластмассы	
			Для вновь выпускаемых и ремонтируемых станков	Заменители (только для ремонтируемых станков)*
Токарные всех видов, в том числе токарно-винторезные, лоботокарные, вальцетокарные и др.		Нижние салазки суппортов	Основные виды пластмасс — текстолиты марки ПТ и металлургический марки Б.	Винипласт
		Задняя бабка		Винипласт, волокнит
		Люнет		Винипласт, волокнит, гетинакс Б
Карусельные		Планшайба		
		Салазки вертикальных и боковых суппортов		
Расточные		Салазки стола		Винипласт, волокнит
		Салазки передней стойки		То же
		Салазки задней стойки		Винипласт, волокнит, гетинакс Б
		Шпиндельная бабка		
Продольно-фрезерные	с перемещающимся столом	Стол		
		Фрезерные головки		
	с неподвижным столом	Салазки стоек или портала		
Копировально-фрезерные		Салазки стоек		
Фрезерно-отрезные		Бабка пилы		
Продольно-строгальные		Стол		
		Салазки вертикальных и боковых суппортов		
Кромкострогальные		Салазки суппорта		
Протяжные		Ползун		
Для глубокого сверления		Салазки суппорта		

* Используются только при отсутствии текстолита



Фиг. 245. Крепление пластмассовых накладных направляющих: 1 — салазки (стол); 2 — накладные пластины из пластмассы; 3 — стальной оцинкованный или оксидированный винт М10х22; винт может изготавливаться также из латуни; 4 — заглушка из текстолита; 5 — штифт из чугуна; 6 — отверстие для подвода смазки; $l = 500 \div 600$ мм; $a = \frac{l-60}{3}$ мм, при $p > 250$ мм дополнительно крепить винтами в местах, указанных знаком +.

Конструкции пластмассовых направляющих тяжелых станков показаны на фиг. 247, 249 и 250.

Размеры пластин из пластмасс для тяжелых станков: длина 500—600 мм, ширина равна ширине граней направляющих, толщина 3—10 мм (в зависимости от метода крепления).

Для станков средних размеров ввиду малых толщин стенок салазок, столов и других узлов и невозможности значительного ослабления сечений из условий жесткости пластины следует изготавливать меньшей толщины — 2—3 мм.

Крепление пластмассовых пластин в тяжелых станках производится:

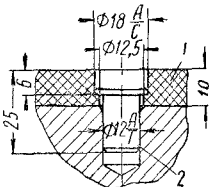
1) винтами и штифтами (один штифт на каждую пластину — фиг. 245); штифты воспринимают силы сдвига; перед установкой винтов для предотвращения их самоотвинчивания резьбу следует смазывать бакелитовым лаком;

2) оцинкованными или оксидированными стальными винтами с текстолитовыми заглушками и чугунными штифтами;

3) текстолитовыми штифтами (фиг. 246); слои ткани в штифтах должны быть расположены перпендикулярно плоскости скольжения, головки текстолитовых штифтов и заглушек обрабатываются заподлицо с плоскостью скольжения; могут применяться также конические текстолитовые штифты;

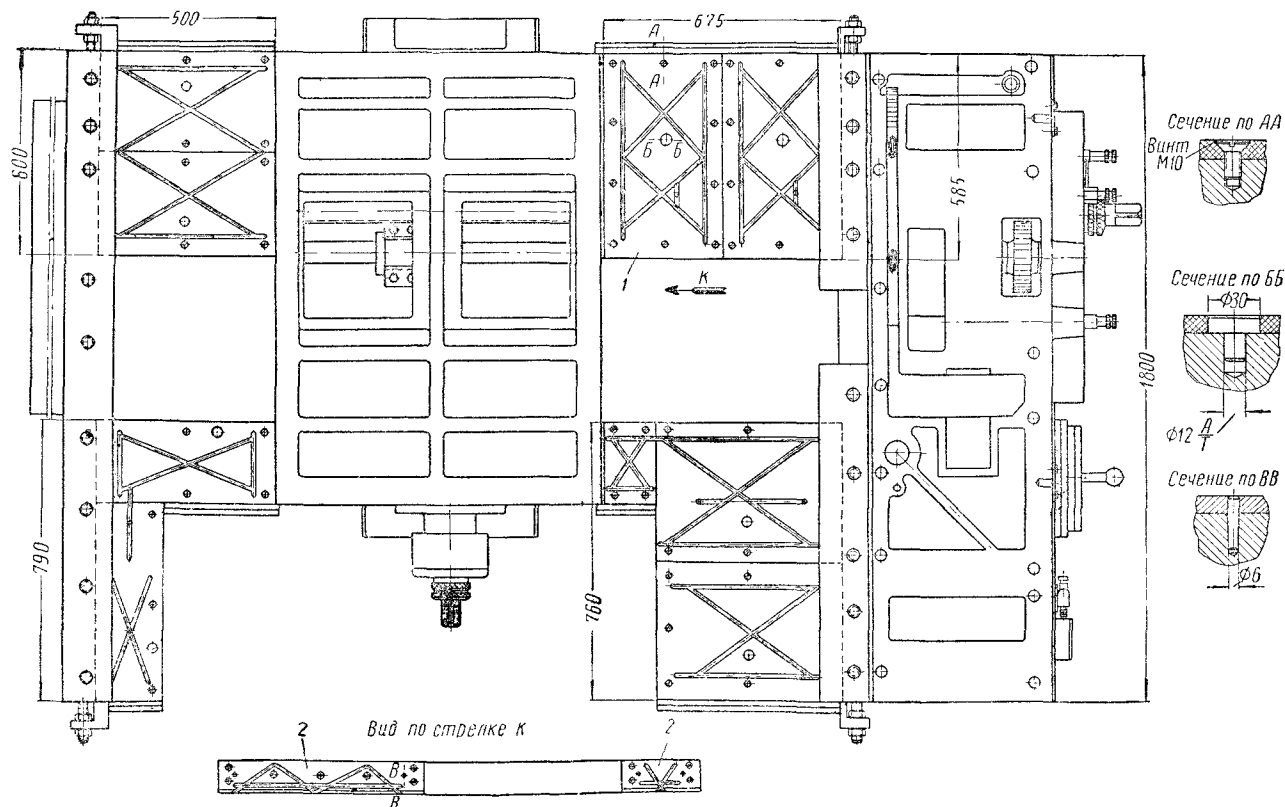
4) приклеиванием двухкомпонентным клеем на основе эпоксидных смол (наиболее целесообразно), либо карбинсльным клеем, желательно с дополнительным креплением каждой пластины двумя винтами по ее концам или двумя штифтами; приклеивание позволяет значительно увеличить жесткость стыка.

Фиг. 246. Крепление пластмассовых накладных направляющих текстолитовыми штифтами: 1 — накладные пластины из пластмассы; 2 — штифт из текстолита с расположением слоев ткани вдоль оси штифта.



Приклеивание клеями на основе эпоксидных смол — лучший метод крепления накладных направляющих в тяжелых станках и тем более — в станках средних размеров, так как обеспечивая высокую прочность, он позволяет использовать тонкие (2—3 мм) накладки (экономно расходовать пластмассу). В случае крепления винтами и штифтами толщина накладок в тяжелых станках должна быть равна 10 мм*.

* О технологии приклеивания накладок карбинсльным клеем см. в разделе «Склеивание», стр. 23.



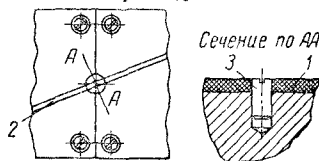
Фиг. 247. Суппорт тяжелого токарного станка (высота центров 1200 мм) с пластмассовыми накладными направляющими (вид снизу на салазки): 1 — накладки из пластмассы; 2 — накладки из бронзы на боковых гранях.

При толщине накладных пластин менее 4 мм их следует изготавливать из текстолита марки ПТ. Накладки из кордово-локнитта должны изготавливаться толщиной 10 мм.

При наличии на направляющих станины канавок, а также если направляющие перемещаемого узла выходят за пределы направляющих станины, текстолитовые накладки применять не следует.

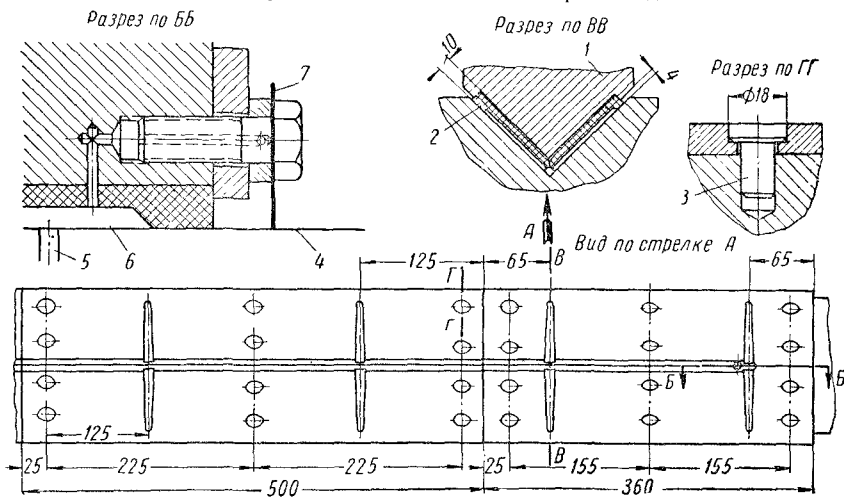
В тяжелых токарных и расточных станках накладки из пластмассы могут быть установлены не на всей длине салазок (средняя часть направляющих салазок не работает — фиг. 247). При достаточной жесткости салазок и невысоких значениях давления (наибольшие расчетные давления на гранях направляющих при максимальной нагрузке не выше 10 кг/см^2) такое расположение планок увеличивает устойчивость суппорта, так как концы направляющих салазок изнашиваются обычно больше средней части.

тыми, не пересекающими стык между пластинами (фиг. 245). В случаях, когда смазочная канавка пересекает стык между пластинами, на пересечениях канавки со стыками пластин следует ставить текстолитовые штифты (фиг. 248).



Фиг. 248. Установка штифта на пересечении смазочной канавки стыка между пластинами: 1 — накладные пластины из пластмассы; 2 — смазочная канавка; 3 — штифт из текстолита с расположением слоев ткани вдоль оси штифта.

Смазочные канавки на участках направляющих станины, открывающихся при перемещениях стола у станков старых конструкций, следует устранить, оставляя лишь отверстия для подвода смазки,



Фиг. 249. Накладные направляющие из текстолита у продольно-строгального станка завода Ково (Чехословакия) модели HD16-6000: 1 — стол; 2 — пластины из текстолита; 3 — штифт из текстолита; 4 — станина; 5 — отверстие для подвода смазки (на середине длины направляющих станины); 6 — замкнутый паз; 7 — уплотнение и скребок (схема).

Смазка направляющих должна быть обильной. Желательна принудительная смазка от насоса. Сорта масел для пластмассовых направляющих применяются те же, что и для чугунных.

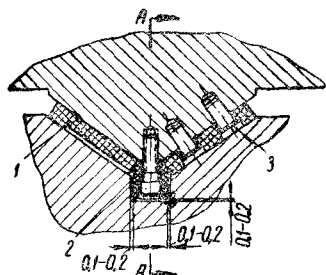
При подводе смазки через перемещаемый узел (в станках с малыми скоростями скольжения в направляющих) масло целесообразно подавать на каждую пластмассовую пластину и смазочные канавки на каждой пластине изготавливать закры-

так как открытые канавки являются обычно местами скопления металлической стружки, беспрепятственно проникающей под направляющие перемещаемого узла, что резко увеличивает интенсивность износа направляющих.

В продольно-строгальных станках целесообразно обеспечивать поддержание давления в масляном слое. У продольно-строгального станка чехословацкого завода Ково (фиг. 249) это достигается следующим

образом. Станина не имеет прямоугольного паза между гранями направляющих; давление масла поддерживается благодаря замкнутому с обоих концов стола пазу *б*. Часть масла подается в пространство между торцами стола и уплотнениями, отстоящими на некотором расстоянии от торцов стола (конструкция уплотнений неудачна и показана на фиг. 249 схематично).

У станков, имеющих прямоугольный паз между гранями направляющих, для обеспечения давления масла к концам стола прикрепляются соответствующие планки (фиг. 250).



Фиг. 250. Накладные направляющие из пластмассы в продольно-строгольном станке: 1 — пластины из пластмассы; 2 — планки (пластмасса) на концах стола; 3 — штифт из текстолита

В карусельных станках установка пластмассовых накладок на круговых направляющих рекомендуется в основном для станков с плоскими направляющими. Накладные направляющие из пластмасс могут устанавливаться в отдельных случаях и в карусельных станках с коническими круговыми направляющими; пластины конической формы (либо кольца при малых размерах направляющих) вырезаются из толстых плит текстолита. Могут использоваться также и листовые материалы толщиной 3 мм, из которых вырезается развертка конической поверхности. При установке пластмассовых направляющих на планшайбе стыки между пластинами при радиальном расположении смазочных канавок на станине следует располагать под углом 10—15° к радиальной плоскости. В дополнение к смазке под давлением целесообразно создать масляную ванну с постоянным уровнем масла выше уровня направляющих на 3—5 мм.

Вследствие недостаточной сопротивляемости пластмасс абразивному изнашиванию при введении накладных пластмассовых направляющих необходимы защитные устройства и уплотнения для них.

Технология изготовления и монтажа накладок. Перед установкой пластмассовых направляющих для сохранения взаимного положения отдельных узлов станка либо снимают с направляющих станины и сопряженных перемещаемых узлов слой металла, в сумме равный толщине пластмассовых накладок (для плоских направляющих), либо вводят соответствующие компенсаторы (например, опускают зубчатую рейку у стола продольно-строгольного станка с помощью подкладки и т. д.). Последний метод является более целесообразным. Снимать при необходимости слой металла с направляющих следует по возможности за счет более жесткого узла. Чугунные направляющие менее жесткого узла обрабатываются на глубину, достаточную

лишь для полного устранения следов износа (задилов). При треугольных, V-образных или комбинированных направляющих соотношение в толщине накладок для различных граней (соответственно — толщине снимаемых слоев металла) определяется по формуле

$$a = c \cos \alpha \text{ и } b = c \cos \beta$$

(фиг. 251).

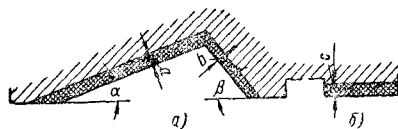
$$\text{При } \alpha + \beta = 90^\circ$$

$$a = c \cos \alpha \text{ и } b = c \sin \alpha.$$

$$\text{При } \alpha = \beta = 45^\circ$$

$$a = b = 0,71 c.$$

Направляющие станины, подлежащие ремонту, обрабатываются до полного устранения следов задилов и в соответствии



Фиг. 251. Соотношение толщины накладок на различных гранях направляющих.

с нормами точности. Чистота поверхности должна быть для тяжелых станков не ниже $\nabla \nabla 6$; для станков средних размеров нормальной точности — не ниже $\nabla \nabla \nabla 7$ и повышенной точности — не ниже $\nabla \nabla \nabla 8$. В случае если окончательной операцией является шабрение, рабочие поверхности после шабрения должны быть слегка заглажены оселком. Неполное устранение следов задилов недопустимо, так как это приводит к многократному

увеличению скорости изнашивания сопряженных пластмассовых направляющих.

Поверхности, к которым крепятся пластмассовые накладки, должны быть обработаны примерно с той же точностью (по прямолинейности), как направляющие станины. Чистота обработки от $\nabla\nabla 5$ до $\nabla\nabla 6$. В случае если пластмассовые накладки приклеиваются, плоскости, к которым прикрепляются пластмассовые пластины, должны иметь большую шероховатость (от $\nabla 3$ до $\nabla 4$).

Порядок обработки накладных направляющих следующий:

1. Вырезка пластмассовых пластин из плит (при раскрое должно быть обеспечено получение пластин с минимальным короблением при малых отходах).

2. Обработка торцов пластин (смежные торцы должны быть взаимно-перпендикулярны).

3. Обработка (строгание, фрезерование) опорных плоскостей с припуском на последующую обработку. Режимы резания и геометрия режущего инструмента при обработке накладных направляющих приведены в табл. 314. Опорные плоскости обрабатываются (снимается тонкий поверх-

314. Режимы резания и геометрия режущей части инструмента при обработке накладных направляющих из пластмассы

Вид обработки	Параметры	Режимы резания и геометрия инструмента при обработке пластмасс			
		Текстолит металлургический Б	Текстолит ПТ	Кордово-локнит	
Строгание широкими резцами	Материал реза	Р18, ВК8	ВК8	Р18	
	Передний угол γ в град.	10	6	10	
	Задний угол α в град.	20	10		
	Угол наклона главной режущей кромки λ в град.	15	0—30		
	Скорость резания v в м/мин	10—40 *			
	Подача s в мм/дв. ход	0,25—4,0			
	Глубина резания t в мм	0,5—1,0			
	Чистота обработки	$\nabla\nabla 5$ — $\nabla\nabla 6$	$\nabla\nabla 6$	$\nabla\nabla 4$ — $\nabla\nabla 5$	
Фрезерование торцовыми фрезами	Материал фрезы	ВК6			
	Передний угол γ в град.	8—10	10		
	Задний угол α в град.	20	22—25	20	
	Главный угол в плане φ в град.	45 **			
	Длина переходной (зачищающей) кромки b_{ϕ} (b_0) в мм	8—14	1,5	3—4	
	Угол в плане переходной (зачищающей) кромки φ_{ϕ} (φ_0) в град.	0	35	30	
	Скорость резания v в м/мин	400—600	400—950	200—400	
	Подача s_z в мм/зуб	0,15—0,9	0,007—0,035	0,05—0,4	
	Чистота обработки	$\nabla\nabla 5$	$\nabla\nabla 5$ — $\nabla\nabla 6$	$\nabla\nabla 4$ — $\nabla\nabla 5$	

* Режимы резания даны для предварительных проходов; для получения чистоты поверхности 5—6-го классов необходим зачищающий проход со следующими режимами резания: для текстолитов $v = 8 \div 15$ м/мин, $s = 15 \div 20$ мм/дв. ход, $t = 0,1$ мм; для кордоволокнита v и t те же, $s = 5 \div 15$ мм/дв. ход.

** Вспомогательный угол в плане $\varphi_1 = 12^\circ$.

ностный слой смолы) у пластин, подлежащих последующему пропитыванию маслом. Снятие покровного слоя смолы с обеих опорных плоскостей (а не с одной) требуется для уменьшения коробления пластины. В случае если пластины не подлежат пропитыванию маслом, обрабатывается одна опорная плоскость (неподвижный стык).

4. Пропитывание пластин маслом (применяемым для смазки направляющих) производится для уменьшения деформаций при работе в масляной среде и предотвращения влаго- и водопоглощения и связанных с этим деформаций. Пропитыванию подлежат пластины из всех пластмасс, приведенных в табл. 313, за исключением винипласта, а также текстолитовые штифты.

Для станков с малыми скоростями скольжения в направляющих, порядка скоростей подачи, при условии если в процессе работы станков направляющие не нагреваются (салазки суппортов токарных, карусельных, расточных станков, столы фрезерных станков и т. д.), пропитывание пластин маслом производится при комнатной температуре в течение 1—2 суток.

Для станков с высокими скоростями скольжения направляющих, а также в случаях, когда направляющие в процессе работы станков подвергаются нагреву (планшайбы карусельных станков, столы продольно-строгальных станков и т. д.), пропитывание пластин производится в горячем масле (при температуре 70° С) в течение 50—60 час. с последующим охлаждением вместе с маслом до комнатной температуры.

Пропитывание пластин следует производить в вертикальном положении.

В случае приклеивания накладных направляющих пластины пропитыванию не подвергаются.

5. Чистовое строгание или фрезерование с последующим шабрением по плите на краску (с точностью 6—8 пятен в квадрате со стороной 25 мм) опорной плоскости пластин, сопрягающейся с плоскостью, к которой они крепятся (стыковые поверхности). Сопряжение между пластмассовыми пластинами и плоскостью перемещаемого узла, к которому они крепятся, должно быть плотным (шуп 0,03 мм не должен проходить); это необходимо для обеспечения требующейся жесткости стыка. При отсутствии существенных деформаций пластин после пропитывания маслом можно ограничиться шабрением пластин.

6. Обработка отверстий под детали крепления в корпусе перемещаемого узла и пластинах, крепление пластин и обработка смазочных канавок (может выполняться также до крепления пластин по разметке).

Плотность неподвижного стыка после крепления пластин должна быть проверена легким простукиванием деревянным молотком. На всех участках пластин звук должен быть одного тона.

7. Подрезка торцов. Пластины делаются с припуском по длине. После прикрепления торцы пластин подрезаются по габаритам перемещаемого узла под углом 90°. Торцовые кромки накладных направляющих притуплять не следует. Выкрашивание торцов пластин не допускается.

8. Чистовое строгание или фрезерование; нагрев при обработке не должен допускаться.

9. Шабрение по направляющим станины с точностью 8—10 пятен в квадрате со стороной 25 мм.

При шабрении необходимо обеспечить равномерное расположение пятен контакта. Краска должна наноситься очень тонким слоем во избежание ее размазывания. Пластмассы, как правило, шабрятся легко. При шабрении кордоволокнита для улучшения видимости пятен контакта пластмассу перед контролем по краске следует покрывать тонким слоем мела (натереть куском мягкого мела и удалить излишек щеткой). Покрывать мелом следует лишь при нескольких первых проверках по краске; в дальнейшем надобности в этом нет, так как на кордоволокните создается светлый фон, на котором хорошо видны окрашенные темной краской участки контакта.

В некоторых станках, где нагрузки на грани направляющих значительно изменяются, в том числе и по знаку (в расточных станках ряда моделей, у которых поперечные салазки стола в крайних положениях располагаются консольно относительно направляющих станины и др.), к жесткости крепления накладных направляющих должны предъявляться особые высокие требования. В этих случаях накладные направляющие следует приклеивать к перемещаемому узлу и дополнительно крепить винтами, а также особенно тщательно пришабривать по направляющим станины.

10. Окончательная регулировка зазоров в планках после испытания станка в работе (под нагрузкой). Регулировка необходима, поскольку после некоторой при-

работки пластмасса может давать небольшую осадку (на 0,03—0,04 мм) за счет смятия разрыхленных при обработке поверхностных слоев.

В процессе эксплуатации станков с пластмассовыми направляющими не следует периодически наносить «мороз» на направляющие станины и производить разбивку засветленных мест, как это часто делается в практике для предупреждения задиров. В данном случае это будет способствовать лишь увеличению темпа изнашивания чугунных направляющих станины и особенно сопряженных с ними пластмассовых направляющих (постоянно возобновляемый период приработки).

Уплотнительные детали, фрикционные диски, клиновые и прорезиненные ремни

В современном заводском оборудовании применяются в значительных количествах манжеты, уплотнительные кольца, диски фрикционных, клиновые и прорезиненные ремни. Эти изделия обычно изготавливаются на специализированных предприятиях, однако нередко случаи, когда ремонтным цехам приходится прибегать к изготовлению некоторых из них своими силами. Необходимость в этом вызывается чаще всего большим разнообразием типов и размеров указанных изделий, требующихся для ремонта оборудования, при относительно небольшой потребности в каждом типе и размере. Последнее нередко создает для отделов главных ме-

Имея возможность изготавливать своими силами в необходимых случаях те или иные указанные изделия, разместить заказы на которые не представляется возможным, ремонтные службы заводов, удаленных от специализированных предприятий, выпускающих такие изделия, могут избежать простоя оборудования, связанного с их получением.

На фиг. 252 приведена планировка мастерской по изготовлению манжет, уплотнительных колец и других неметаллических деталей (изделий), а также дана спецификация потребного оборудования применительно к мелкосерийному и единичному производству (по опыту ремонтной службы Московского автозавода имени Лихачева).

Изготовление манжет и уплотнительных колец.

М а т е р и а л. Манжеты и уплотнительные кольца изготавливаются из резины, прорезиненной ткани, севанита, совпрена, полихлорвинилового пластика, кожи и пр.

Резина состоит из смеси натурального или синтетического каучука с целым рядом химических веществ (сера, сажа, цинковые белила и пр.). Наиболее важной составной частью резины является сера. При нагревании сырой резиновой смеси сера вступает в химическую реакцию с каучуком, в результате которой свойства последнего резко изменяются, и малопрочная, пластичная, растворимая в органических растворителях сырая резина превращается в прочную, мало-растворимую.

Этот процесс называется вулканизацией.

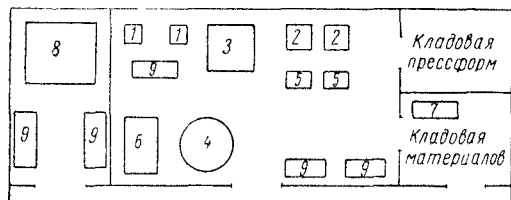
С увеличением содержания серы резина получается более жесткой. Различают три вида вулканизированной резины: мягкая резина, полуэбонит и эбонит.

Сырая резина выпускается в виде каландрованной (т. е. проваляченной на специальных вальцах — каландре) ленты, шириной 100—1100 мм и толщиной 0,5—3,0 мм.

Сорта резины обозначаются номерами.

Наиболее употребительными сортами резины являются мягкие резины №№ 829, 2566, 1976 и 1247, полуэбониты №№ 1814 и 1751, эбониты №№ 2109 и 2169.

Физико-механические свойства указанных сортов мягкой резины, полуэбонита и эбонита приведены в табл. 315.



Фиг. 252. Планировка мастерской неметаллических изделий при ремонтно-механическом цехе: 1 — гидравлический пресс с обогревом плит размером 250×300 мм; мощность пресса до 10 т; 2 — то же размером плит 1000×1000 мм; мощность пресса до 100 т; 3 — то же размером плит 2000×1500 мм; мощность пресса до 300 т; 4 — ручной винтовой пресс; 5 — пневматический пресс; 6 — вальцы; 7 — механическая мешалка; 8 — электропечь размером камеры 1500×2000×2000 мм с регулятором температуры до 200° С; 9 — верстак.

хаников большие трудности в размещении на специализированных предприятиях с массовым характером производства заказов на эти изделия, особенно на те из них, которые относятся к малораспространенным типам или имеют неходовые размеры.

315. Физико-механические свойства некоторых сортов резины

Сорт	Марка	Удельный вес	Предел прочности		Хрупкость в кг/см^2	Теплостойкость по Мартенсу в $^{\circ}\text{C}$	Удлинение в %		Пластичность по Вильяму
			при разрыве в кг/см^2	при изгибе в кг/см^2			относительное	остаточное	
Мягкие резины	829	1,07	200	—	—	—	773	30	3,2—4,2
	2566	1,07	160	—	—	—	650	30	3,2—4,2
	1976	1,12	52	—	—	—	366	14	3,5—5,5
	1247	1,12	—	—	—	—	—	—	—
Полуэбониты	1814	1,33	364	713	2,65	62,2	—	—	4,0—5,5
	1751	1,32	374	633	3,36	43	—	—	3,0—4,5
Эбониты	2109	1,21	320	577	1,83	55	—	—	3,5—5,0
	2169	1,14	450	890	2,58	56	—	—	3,0—4,0

Прорезиненные ткани имеют по сравнению с листовой резиной большую жесткость.

Для изготовления манжет и уплотнительных колец применяют прорезиненные бельтинг, корд и чефер.

Бельтинг (ГОСТ 2924-45), корд (ГОСТ 768-50) и чефер (ГОСТ 642-41) представляют собой техническую хлопчатобумажную плотную ткань.

Прорезиненные бельтинг, корд и чефер используются для изготовления покрышек автомашин. Поэтому для изготовления манжет и уплотняющих колец из прорезиненных тканей в мастерских при ремонтных цехах обычно используют отходы производства шинных заводов и заводов резиновых изделий.

Полихлорвиниловый пластикат — пластифицированная полихлорвиниловая смола, содержащая наполнители и красители, относится к группе композиционных пластикатов.

Изделия из пластиката обладают стойкостью по отношению к кислотам, щелочам, бензину, маслу и воде. Удельный вес пластиката 1,28—1,37, водопоглощаемость за 24 часа 0,2%, бензиностойкость за 72 часа 1,5—8%.

Полихлорвиниловый пластикат получают с химических заводов в виде порошка серовато-белого цвета. Для изменения цвета изготавливаемых манжет применяют красители, не влияющие на механические свойства пластиката. Манжеты, изготовленные из обычного полихлорвинилового пластиката, работают удовлетворительно в пределах температур от 0 до 60 $^{\circ}\text{C}$. Для повышения теплостойкости манжет из полихлорвинилового пластиката в порошок добавляют 10—25% основной угле-

кислой соли свинца. Это повышает теплостойкость манжет и уплотнительных колец до 90 $^{\circ}\text{C}$.

Для повышения стойкости манжет на истирание в композицию добавляют до 5% графита.

Прессформы. Основные требования, предъявляемые к прессформам, следующие:

а) обеспечить правильность формы детали;

б) обеспечить точность сборки прессформы при ее загрузке;

в) обеспечить легкость разборки прессформы и съем готовой детали.

При мелкосерийном и единичном изготовлении деталей прессформа делается из сталей 35—45 без термообработки. Рабочие поверхности матриц и пуансонов чисто обрабатываются и защищаются наждачной бумагой.

При изготовлении деталей крупными партиями прессформы изготавливают из стали У7 с закалкой до твердости $R_C = 50 \div 55$. Для улучшения качества формующихся деталей и увеличения срока службы прессформ их целесообразно хромировать (толщина покрытия 0,025—0,05 мм).

Размеры прессформ устанавливаются с учетом усадки изготавливаемых в них деталей. Величина усадки деталей из резины зависит от свойств применяемой резины. Для мягких резин величина усадки после вулканизации находится в пределах 1,5—2%. Величина усадки манжет, изготавливаемых из полихлорвинилового пластиката, зависит от диаметра изготавливаемой манжеты; для манжет диаметром до 100 мм усадка по наружному диаметру составляет 1,5%, а по внутреннему 1%. С уве-


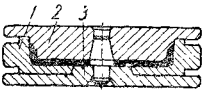

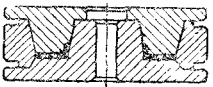
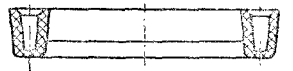
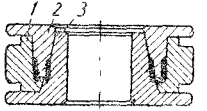
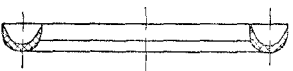
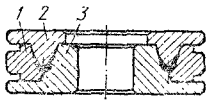

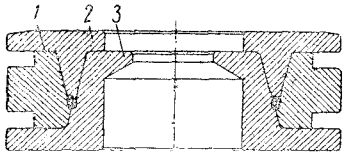

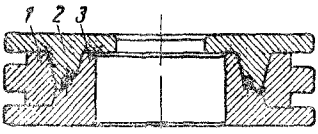
личением диаметра процент усадки увеличивается (для манжет с наружным диаметром 500 мм до 5%).

Конструкции прессформ, применяющихся при единичном и мелкосерийном изготовлении манжет и уплотнительных колец наиболее распространенных типов из резины, прорезиненных тканей и полихлорвинилового пластика, приведены в табл. 316.

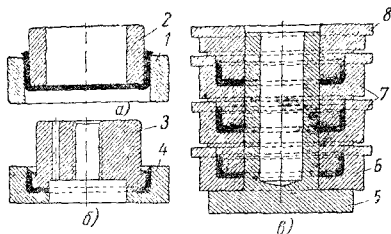
Для изготовления кожаных манжет применяется комплект приспособлений, состоящий из давильной прессформы, обрезного приспособления и обжимной прессформы.

Такой комплект приспособлений для изготовления одинарных кожаных манжет с наружной рабочей поверхностью приведен на фиг. 253.

316. Наиболее распространенные уплотняющие изделия и прессформы для их изготовления

Наименование изделий	Эскизы изделий	Эскизы прессформ (1 — матрица, 2 — пуансон, 3 — вкладыш)
Манжеты Одинарные, с наружной рабочей поверхностью		
Одинарные, с внутренней рабочей поверхностью		
Двойные, с наружной и внутренней рабочими поверхностями		
Уплотнительные кольца Шевронные (елочные), с наружной и внутренней рабочими поверхностями		
Прямоугольного сечения		
Круглые		

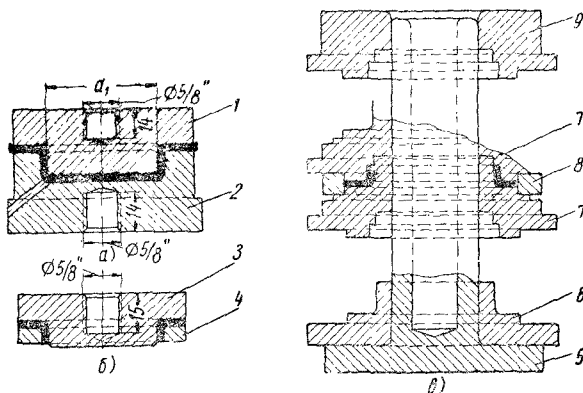
На фиг. 254 представлен комплект приспособлений для изготовления одинарных



Фиг. 253. Комплект приспособлений для изготовления одинарных кожаных манжет с наружной рабочей поверхностью: а — прессформа для формирования манжет; б — приспособление для обрезки; в — обжимная прессформа для одновременного прессования нескольких манжет; 1 — внешнее кольцо; 2 — внутреннее кольцо; 3 — пуансон; 4 — обрезное кольцо; 5 — основание; 6 — нижнее обжимное кольцо; 7 — средние обжимные кольца; 8 — верхнее обжимное кольцо.

кожаных манжет с внутренней рабочей поверхностью.

Комплект приспособлений для изготовления уплотнительных кожаных колец елочного типа приведен на фиг. 255.



Фиг. 254. Комплект приспособлений для изготовления одинарных кожаных манжет с внутренней рабочей поверхностью: а — прессформа для формирования манжет; б — приспособление для обрезки; в — обжимная прессформа для одновременного прессования нескольких манжет; 1 и 3 — пуансоны; 2 — матрица; 4 — сменные обрезные кольца (для предварительной и окончательной обрезки); 5 — основание; 6 — нижнее обжимное кольцо; 7 — средние обжимные кольца; 8 — внешние обжимные кольца; 9 — верхнее обжимное кольцо.

Технология изготовления резиновых манжет.

1. Сырую резину для получения однообразной массы вальцуют на вальцах с паровым подогревом до 70—90°С.

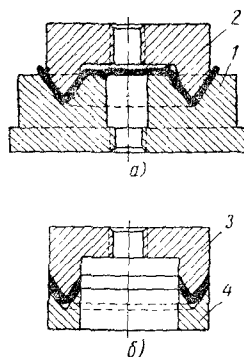
2. Провальцованную сырую резину режут мелкими кусочками для обеспечения равномерного заполнения прессформы.

Для предупреждения прилипания резины к рабочим поверхностям прессформ, их перед заполнением резиной протирают тальком, графитом или смазывают машинным маслом, техническим вазелином или содовым раствором.

3. Отвешивают на весах нужную навеску резины в соответствии с весом изготавливаемой детали.

4. В матрицу предварительно нагретой прессформы со вставленным вкладышем закладывают навеску резины и накладывают на нее пуансон.

5. Собранную прессформу устанавливают под пресс между плитами с паровым или электрическим обогревом и создают давление, обеспечивающее полное сжатие прессформы. Во время вулканизации температуру прессформы поддерживают в пределах 140—150°С (для контроля температуры в прессформе имеется специальное гнездо для помещения термометра). Продолжительность вулканизации состав-



Фиг. 255. Комплект приспособлений для изготовления уплотнительных кожаных колец елочного типа: а — прессформа для формирования колец; б — приспособление для обрезки; 1 — матрица; 2 и 3 — пуансоны; 4 — обрезное кольцо.

ляет 15—30 мин. в зависимости от толщины детали.

6. По окончании вулканизации прессформу освобождают из пресса и устанавливают в перевернутом виде на стол винто-

вого ручного пресса так, чтобы матрица лежала на опорах. Надавливая прессом на вкладыши, производят разборку пресс-формы и снимают готовую деталь.

Манжеты и уплотнительные кольца из прорезиненных тканей.

1. Из листового прорезиненного бельтинга или чефера вырезают кружки или кольца размерами, обеспечивающими получение требующейся манжеты.

2. Нарезанные заготовки укладывают на матрицу или на пуансон прессформы, предварительно нагретой до температуры 140—150° С. Количество колец или кружков бельтинга или чефера берется в зависимости от толщины изготавливаемой детали с припуском на опрессовку. Нижний и верхний слои заготовок, прилегающие к стенкам прессформы, для предохранения от прилипания их к прессформе и для уменьшения коэффициента трения манжеты во время эксплуатации припудривают графитом.

3. На собранные таким образом заготовки накладывают соответственно пуансон или матрицу, после чего прессформу устанавливают между нагретыми плитами пресса и создают давление, обеспечивающее полное ее сжатие.

Во время вулканизации под прессом температуру прессформы поддерживают около 150° С. Процесс вулканизации длится 20—30 мин.

Разборку прессформы и съем готовой манжеты производят таким же образом, как при изготовлении деталей из резины.

При изготовлении манжет из чефера и корда для первого и последнего слоев берут чефер, а для промежуточных корд.

Манжеты, изготовленные из чефера и корда, мягче манжет, изготовленных из одного чефера.

Манжеты и уплотнительные кольца из полихлорвинилового пластика.

1. На точных весах отвешивают навеску полихлорвинилового пластика; вес навески пластика должен быть больше чистого веса детали на 5%.

2. Прессформу подогревают до 180—185° С, после чего рабочие поверхности ее смазывают техническим вазелином и в матрицу со вставленным вкладышем (см. эскизы прессформ в табл. 316) быстро засыпают порошок пластика, равномерно распределяя его по пространству прессформы и легко утрамбовывая металлическим стержнем.

При прессовании теплостойких манжет из полихлорвинилового пластика, с добавлением углекислой соли свинца, температура прессформы при засыпке порошка должна быть более высокой (до 230° С) в зависимости от количества добавляемой соли.

При изготовлении крупных манжет с наружным диаметром свыше 300 мм засыпаемый порошок предварительно подогревают до 100—120° С.

3. После заполнения матрицы накладывают пуансон, и подготовленную таким образом прессформу устанавливают между плитами пресса и создают давление, обеспечивающее полное закрытие прессформы.

Прессование изделий из полихлорвинилового пластика производится при давлении около 25 кг/см². Удельное давление при прессовании теплостойких манжет на 20—30% больше указанного.

Процесс полимеризации полихлорвинилового пластика продолжается при изготовлении манжет диаметром до 200 мм 7 мин., манжет диаметром до 400 мм 10 мин. и манжет больших размеров около 15 мин.

4. После окончания процесса полимеризации прессформу освобождают из-под пресса и быстро охлаждают водой до температуры 20—40° С.

5. Охлажденную прессформу распрессовывают под ручным прессом, и снимают изделие.

Бракованные детали и обрезки заусенцев используют для изготовления новых изделий благодаря свойству полихлорвинилового пластика подвергаться обратной химической реакции.

Контроль качества уплотняющих изделий из маслостойкой резины и прорезиненных тканей. По внешнему виду готовые изделия должны отвечать следующим основным требованиям. Иметь гладкую поверхность и правильную конфигурацию. На рабочей поверхности изделий не допускаются: следы недопрессовки, пузыри, трещины, надрывы, включения посторонних материалов, раковины и выкрашивания.

На нерабочей поверхности изделий допускается наличие следов от отпечатков прессформ в виде рисок и выступающих бугорков, углубленных или возвышающихся по отношению к поверхности не более чем на 0,3 мм. Допускается также шероховатость поверхности и включения инородных материалов размером не более 1,0 мм, причем эти включения допускаются

в том случае, если при перегибе на 180° по месту их включения материал не разрывается. Заусенцы должны быть тщательно обрезаны. Выхваты и следы от обрезки заусенцев не должны превышать $0,5$ мм.

Размеры изделий должны соответствовать размерам применяемых прессформ, отклонения от этих размеров не должны выходить за пределы допусков, указанных в табл. 317.

317. Допуски на изготовление манжет из маслостойкой резины и прорезиненных тканей

Измеряемая величина	Допуск на отклонение размера манжет от номинала	
	для двойных и фасонных	для одностенных
Наружный диаметр в % от номинала	$\pm 2,5$	$\pm 1,5$
Внутренний диаметр в % от номинала	$\pm 1,5$	$\pm 2,5$
Толщина в мм: до 3 от 3 до 5 " 5 " 8 " 8 и выше	$\pm 0,5$ $\pm 1,0$ $\pm 2,0$ $\pm 3,0$	$\pm 0,5$ $\pm 1,0$ $\pm 2,0$ $\pm 3,0$
Высота в мм: до 10 от 11 до 20 " 21 и выше	$\pm 1,0$ $\pm 1,5$ $\pm 3,0$	$\pm 1,0$ $\pm 1,5$ $\pm 3,0$
Разность по толщине в мм: до 3 от 3 до 5 " 5 " 8 " 8 и выше	0,8 1,2 1,5 2,0	0,8 1,2 1,5 2,0
Перекас по высоте в мм: до 10 от 10 до 20 " 21 " 30 " 31 и выше	$\pm 1,2$ $\pm 1,5$ $\pm 2,0$ $\pm 3,0$	$\pm 1,2$ $\pm 1,5$ $\pm 2,0$ $\pm 3,0$

По физико-механическим свойствам стандартные образцы, вырубленные из изделий, или образцы, изготовленные из той же партии маслостойкой резины, должны при испытании иметь показатели, соответствующие техническим условиям на применяемую марку маслостойкой резины согласно табл. 318.

318. Физико-механические свойства изделий из маслостойкой резины

Показатели	Жесткая	Средней твердости	Мягкая
Твердость по Шору	85—95	75—85	70—80
Сопротивление на разрыв в кг/см^2 не менее	80	70	60
Остаточное удлинение в % не более	3	4	5
Относительное удлинение в % не менее	100	120	150
Маслостойкость в % не более	3	3	3
Термонабухание в % не более	13	11	10
Морозостойкость в $^\circ\text{C}$	-45	-50	-50

Определение сопротивления на разрыв, относительного и остаточного удлинения производится на стандартных образцах размером $25 \times 6,5 \times 2$ мм по ГОСТ 270-53.

Твердость определяется твердомером Шора по ГОСТ 263-53.

Морозостойкость определяется на стандартных образцах размером $100 \times 10 \times 1$ мм путем перегиба образца, охлажденного до заданной температуры, вокруг валика 10 мм в среде спирт + твердая углекислота.

Маслостойкость определяется на образцах размером $20 \times 20 \times 2$ мм путем погружения их в трансформаторное масло на 24 часа при температуре $20 \pm 3^\circ\text{C}$ по ГОСТ 421-41.

Термонабухание определяется на образцах размером $20 \times 20 \times 2$ мм путем погружения их в трансформаторное масло на 6 час. при температуре $100 \pm 3^\circ\text{C}$ по ГОСТ 421-41.

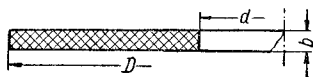
Манжеты из прорезиненной ткани подвергают тем же проверкам, что и из маслостойкой резины, за исключением физико-механических свойств.

Контроль качества манжет из полихлорвинилового пластика. При проверке геометрических размеров манжет отступление по внутреннему и внешнему диаметрам допускается в пределах $\pm 0,5\%$.

Кроме общей проверки по внешнему виду, манжеты из полихлорвинилового пластика проверяются на наличие газовых раковин и пузырьков. Наличие газовых пузырьков внутри манжеты недопу-

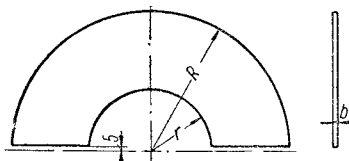
стимо. Газовые пузырьки появляются вследствие неполного заполнения прессформы порошком при засыпке. Газовые раковины на поверхности допускаются только на нерабочих частях манжеты.

Изготовление накладных дисков и секторов фрикционных. Для фрикционных дисков диаметром до 600 мм накладные



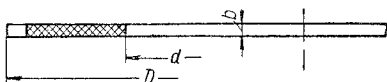
Фиг. 256. Кольцевая накладная пластина фрикционного диска.

пластины изготавливаются чаще всего в виде кольцевых дисков (фиг. 256). Накладные пластины для фрикционных дисков больших размеров изготавливают обычно в виде секторов. В зависимости от размера секторы могут представлять собой $1/2$ (фиг. 257), $1/4$, $1/6$ и $1/8$ часть кольцевого диска.



Фиг. 257. Накладная пластина фрикционного диска, выполненная в виде сектора.

Некоторые фрикционные муфты имеют кольцевые диски с наружными и внутренними зубьями (фиг. 258).



Фиг. 258. Фрикционный диск с наружными зубьями.

Материал и прессформы. Материалом для изготовления накладных дисков и секторов фрикционных может служить асбестовое торговое волокно по ТУ МХП 1225, pulverбакелит в порошке,

латунная проволока диаметром 0,1 мм и ацетон. При возможности получения отходов производства латексного картона с асбестовых заводов диски для фрикционных могут изготавливаться из латексной крошки.

Для изготовления накладных пластин (дисков и секторов) фрикционных в мелкосерийном производстве применяют прессформы, конструкция которых приведена на фиг. 259—261. Прессформы изготавливают обычно из стали марок 35—45 без термообработки. Рабочие поверхности матриц и пуансонов чисто обрабатывают и зачищают наждачной бумагой.

Технологический процесс изготовления дисков и секторов для фрикционных

Из асбестового волокна

1. Для изготовления массы взять исходные материалы в следующем соотношении: асбестового волокна 8,6 кг, pulverбакелита 4,2 кг, медной или латунной проволоки 1,2 кг, ацетона 3,0 кг.

2. Медную или латунную проволоку диаметром 0,1 мм нарезать кусками длиной 5—6 мм.

3. Асбестовое волокно заложить в мешалку и пустить мешалку.

4. В процессе перемешивания волокна добавить нарезанную на кусочки медную проволоку и pulverбакелит в порошок.

5. После тщательного перемешивания массы в течение 5 мин. равномерно (путем обрызгивания) влить в нее ацетон и окончательно перемешать массу в мешалке в течение 30 мин.

6. Приготовленную массу вынуть из мешалки и просушить на воздухе в течение 6 час.

Примечание. Полученная смесь имеет способность сохранять свои свойства в течение длительного периода времени (до 10 дней).

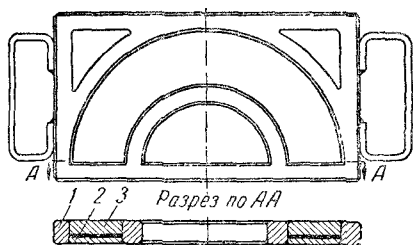
7. Отвесить количество приготовленной массы, равное весу готового изделия, вложить в матрицу прессформы в сборе с вкладышем и установить пуансон.



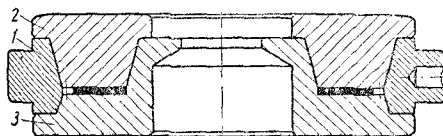
Фиг. 259. Прессформа для изготовления кольцевых накладных пластин фрикционных дисков: 1 и 2 — наружное и внутреннее кольца; 3 — вкладыши; 4 — пуансон; а — резьбовые отверстия для ввинчивания рукояток; 5 — рукоятки.

8. Прессформу установить между горячими плитами пресса и создать давление для полного закрытия прессформы. Формовку диска или сектора производить в течение 30—40 мин. под давлением 300—400 кг/см^2 при температуре подогрева 135—145° С.

9. Снять прессформу с пресса, разобрать ее, вынуть заформованный диск или сектор, зачистить заусенцы и положить



Фиг. 260. Прессформа для изготовления накладных секторов frictionных дисков: 1 — матрица; 2 — вкладыш; 3 — пуансон.



Фиг. 261. Прессформа для изготовления frictionных дисков с наружными зубьями: 1 — матрица; 2 — пуансон; 3 — вкладыш.

его между плитами до полного остывания во избежание коробления.

10. Готовый диск или сектор шлифовать на плоскошлифовальном станке с обеих сторон. При отсутствии шлифовального станка диск может быть обработан на фрезерном станке торцевой фрезой.

Из латексной крошки

1. Отвесить количество латексной крошки, равное весу готового изделия, и вложить в прессформу, нагретую до 150—170° С.

2. Поставить прессформу между плитами пресса и отформовать изделие в течение 5—7 мин. при давлении не менее 300 кг/см^2 .

3. Снять прессформу и выпрессовать изделие.

4. Отпрессованные детали загрузить в электропечь на термообработку (выдерживать в течение 3—4 час. при температуре 170—180° С).

5. Выгрузить детали из печи.

6. После остывания проверить на твердость.

7. Шлифовать до необходимого размера с обеих сторон. При отсутствии шлифовального станка можно обработать на фрезерном станке торцевой фрезой.

Контроль качества дисков и секторов из асбестового волокна и латексной крошки.

1. Готовые диски и секторы должны иметь правильную конфигурацию и размеры.

2. Рабочие поверхности колец и секторов должны быть чистыми и гладкими.

3. Из партии изготовленных деталей (40—100 шт.) отбирают образец для производства лабораторных испытаний:

а) коэффициент трения определяют на frictionном станке в течение 45 мин. при следующих условиях: трение образцов происходит по чугунному диску; площадь каждого образца 5,94 см^2 ; удельное давление 2,5—3,0 кг/см^2 ; температура при испытании 100—135° С; окружная скорость по средней линии образца 7,0—7,5 м/сек . Замер коэффициента трения производят через каждые 5 мин.; окончательный результат испытания получают как среднее арифметическое из всех замеров; коэффициент трения не должен быть меньше 0,33;

б) износ по толщине определяют на frictionном станке в течение 2 час. при постоянном моменте трения, равном 0,58 кг/м ; замер толщины образцов до и после испытания производят в двух точках с точностью до 0,01 мм ; износ по толщине допускается не более 0,25 мм за 2 часа;

в) твердость накладок определяется на прессе Бринеля при нагрузке 500 кг шариком диаметром 10 мм в течение 30 сек.; твердость определяют на торцевой шлифованной поверхности кольца или сектора; надавливание производится не менее чем в трех местах; за результат испытания принимается среднее арифметическое по каждому испытываемому кольцу или сектору; твердость дисков и секторов по Бринелю не должна быть ниже 13; при испытании на твердость диски и секторы не должны расгнуться и расслаиваться;

г) при погружении колец или секторов в воду или масло на 4 часа увеличение веса должно быть не более 6%.

Изготовление клиновых ремней. Материалы и прессформы. Клиновые ремни относятся к числу покупных изделий, которые получают, как правило,

со специальных заводов резино-технических изделий. К изготовлению клиновых ремней своими силами ремонтным службам заводов приходится прибегать сравнительно редко, обычно в тех случаях, когда требуются ремни специальной конструкции или нестандартных размеров, например для импортных машин и механизмов, оборудования выпуска прежних лет и т. п.

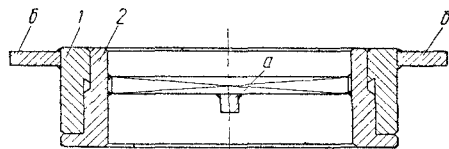
В этих случаях требующиеся ремни могут быть изготовлены мастерской неметаллических изделий при ремонтно-механическом цехе.

Клиновые ремни изготавливаются из резиновых корда и чефера.

При изготовлении клиновых ремней в ремонтно-механических цехах целесообразно использовать не новый материал, а отходы производства шинных заводов. Для этого отходы чефера и корда должны собираться непосредственно в раскройном цехе и упаковываться в прокладочную ткань во избежание порчи их (слипания в куски).

Необходимый для изготовления клиновых ремней резиновый клей также целесообразно делать из мелких отходов корда путем растворения в бензине Б-70 слоя резины, имеющегося на отходах корда.

Наиболее целесообразно изготавливать клиновые ремни в круглых прессформах (фиг. 262). Такие прессформы делаются

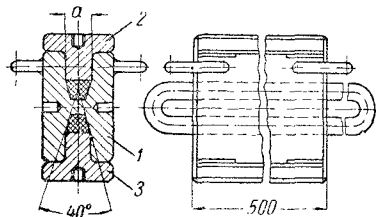


Фиг. 262. Круглая прессформа для изготовления клиновых ремней: 1 — матрица; 2 — пуансон; а — крестовина для обеспечения жесткости пуансона; б — уши.

в ремонтно-механических цехах обычно из стали марок 35—45 без термообработки. Прессформа состоит из матрицы 1 и пуансона 2. Рабочие поверхности матрицы и пуансона должны быть чисто обработаны и зачищены наждачной бумагой. В пуансон вставляется и приваривается крестовина а для обеспечения жесткости и для возможности легкой распрессовки прессформы. К матрице привариваются два ушка б для захвата при распрессовке.

Для изготовления длинных ремней, которые не могут быть изготовлены в круглых прессформах из-за отсутствия прессов требующихся размеров, применяются

прямолинейные прессформы (фиг. 263), в которых ремень вулканизируется по частям с многократным последовательным



Фиг. 263. Прямолинейная прессформа для изготовления клиновых ремней: 1 — матрица; 2 — верхний пуансон; 3 — нижний пуансон.

перекладыванием его по мере вулканизации отдельных отрезков.

Технология изготовления.

1. Промазать подготовленный чефер и корд резиновым клеем и просушить на воздухе.

2. Отрезать полосу чефера шириной В (табл. 319).

319. Размеры заготовок корда и чефера в зависимости от профиля ремня

Обозначение профиля ремня	Размеры сечения ремня в мм		Ширина В чефера в мм	Корд		Расход материалов на 1 пог. м в Г		
	а	h		Число ниток р	Число рядов t	чефера	корда	клея
О	10	6	40	7	2	40	40	25
А	13	8	75	12	3	70	70	45
Б	17	10,5	110	15	5	95	95	70
В	22	13,5	140	20	10	130	280	120

3. Отрезать корд из расчета укладки его в t рядов по р ниток в ряд.

4. Срезать края полосы чефера наискось (длина скоса около 100 мм).

5. Наложить полосу чефера на барабан-шаблон, длина окружности которого равна заданной длине ремня по внутреннему диаметру. Края полосы должны быть внахлестку, шириной около 30 мм. Шаблон представляет собой обод, изготовленный при помощи сварки из стальной полосы толщиной 2—4 мм, шириной в зависимости от сечения ремня (от 60 до 180 мм).

6. У края полосы чефера наматывать корд в t рядов, закатать его в чефер и полученную заготовку снять с шаблона.

7. Надеть полученную заготовку на пуансон прессформы, подогретой предварительно в прессе до 130—140° С.

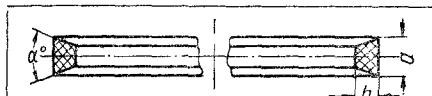
8. Пуансон с заготовкой вложить в матрицу.

9. Установить прессформу на стол пресса и вулканизировать ремешок под давлением при температуре 150—160° С в течение 10—15 мин. Процесс вулканизации начинать в нагретых прессформах.

10. Вынуть прессформу из пресса, разобрать ее и снять готовый ремешок.

Технические условия на приемку изготовленных клиновых ремней. Отклонения в сечении ремня не должны превышать указанных в табл. 320.

320. Допуски на клиновые ремни



Обозначение профиля ремня	Размеры сечения			Допускаемые отклонения		
	a в мм	b в мм	α в град.	a в мм	b в мм	α в град.
О	10	6	40	+0,4 -0,3	±0,3	±1,0
А	13	8	40	+0,6 -0,4	±0,4	±1,0
Б	17	10,5	40	+0,7 -0,5	±0,5	±1,0
В	22	13,5	40	+0,8 -0,5	±0,5	±1,0

Внешний вид ремня должен удовлетворять следующим требованиям: рабочие поверхности должны быть гладкими, без складок, трещин, выпуклостей, торчащих ниток и срывов резины; ремни должны быть эластичными. Допускаемые дефекты клиновых ремней указаны в табл. 321.

Обрезинивание бесконечных хлопчатобумажных ремней. Для приводов шлифовальных и других станков, имеющих высокие числа оборотов, применяются бесконечные хлопчатобумажные ремни. Эти ремни изготавливаются цельноткаными или шьются из ткани, сложенной в 4—8 раз.

Шитые бесконечные хлопчатобумажные ремни делесообразно изготавливать четырехслойными из ткани Р-2, имеющей пре-

дел прочности при растяжении 1,8 кГ на 1 мм слоя ткани.

Для увеличения долговечности ремней и улучшения эксплуатационных качеств шитых и необрезиненных цельнотканых хлопчатобумажных бесконечных ремней их следует подвергать пропитке резиновым клеем с последующей вулканизацией.

Срок службы обработанных таким методом ремней увеличивается в 8—10 раз, прекращается вытягивание ремней в процессе эксплуатации, имеющее место при применении не пропитанных ремней, и улучшается сцепление ремня со шкивом.

Вулканизацию бесконечных хлопчатобумажных ремней производят в прессформах (фиг. 264), подобных приведенной на фиг. 263.

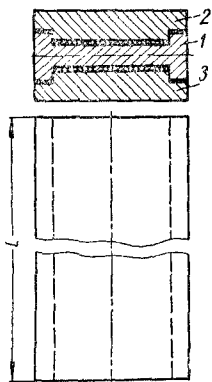
Вулканизация производится последовательным перекладыванием ремня в прессформе. Ремни длиной до 2000 мм вулканизуют в два приема, а свыше 2000 мм — в три и более приемов.

Длина прессформ в зависимости от длины ремней приведена в табл. 322.

Пропитку ремней для вулканизации производят в 30%-ном растворе сырой резины в бензине Б-70, двукратным погружением ремня в раствор резины, каждый раз на 2—3 мин., с промежуточной просушкой на воздухе.

После второй просушки ремень закладывают в прессформу, устанавливают последнюю между плитами пресса и вулканизуют зажатые в прессформе участки ремня при температуре 145° С в течение 10—15 мин., затем вынимают прессформу из пресса, снимают пуансон, перекладывают ремешок в прессформе, с тем чтобы зажать в ней незавулканизированные участки ремня, и производят вулканизацию этих участков.

Поверхность ремня после вулканизации должна быть плотной и ровной, а слой резины равномерным по всей поверхности ремня. При обрезинивании шитых ремней



Фиг. 264. Прессформа для вулканизации обрезиненных бесконечных хлопчатобумажных ремней: 1 — матрица; 2 — верхний пуансон; 3 — нижний пуансон.

321. Допускаемые дефекты клиновых ремней

Название дефектов	Величина и характер допускаемых дефектов
Складки на обоих основаниях ремня	Допускаются глубиной не более 0,75 мм и длиной не более 60 мм в количестве не более двух на 1 пог. м ремня и шести на весь ремень
Вмятины по внутреннему основанию ремня	Допускаются без трещин и повреждений ткани
Рубцы и утолщения от запрессовки	Допускаются незначительные
Оголение кромок от среза заусенцев	Допускается захватывающее не более одного слоя оборточной ткани по месту нахлестки общей длиной не более 30 мм
Резино-тканевые заусенцы в местах сопряжения рабочих поверхностей с верхним и нижним основанием ремня: на верхнем основании на нижнем основании	Допускается для сечения О, А и Б не более 0,75 мм Допускаются для всех сечений не более 0,75 мм
Местные починки ткани обертки ремня	Допускаются площадью, не превышающей 20×50 мм, в количестве не более одной починки на ремень

слой резины должен полностью закрывать ряды ниток, которыми прошит ремень.

322. Длина прессформ для вулканизации бесконечных ремней

Длина ремня в мм	Длина прессформы L в мм (фиг. 264)
450—700	200
700—1100	300
1100—1500	400
Св. 1500	600

Защитные обкладки из резины (обрезинивание металла).

Область применения. Обкладки из резины применяются для защиты металла от коррозии под действием агрессивных сред, защиты от механического истирания, для обеспечения электрической изоляции некоторых металлических деталей, улучшения сцепления фрикционных пар, при необходимости иметь упругую поверхность у деталей, от которых требуется высокая механическая прочность, и в ряде других случаев.

Для защиты от коррозии резиновыми обкладками защищают внутренние поверхности травильных и гальванических ванн, различного рода резервуаров, цистерн и мерников для кислот, насосов и трубопроводов для химических реагентов.

Применение обкладок из резины вместо обкладок из свинца для травильных и гальванических ванн обеспечивает большую экономию цветного металла.

Обкладки травильных и гальванических ванн обычно выполняются из дублированной двуслойной резины, состоящей из мягкой резины, склеенной с полуэбонитом, так как твердая резина более прочно соединяется с металлом, а мягкая лучше выдерживает удары и противостоит механическим повреждениям.

Обкладки поверхностей аппаратов и сосудов, подвергающихся воздействию химических реагентов при повышенных температурах, выполняются обычно из одной твердой резины — эбонита или полуэбонита.

Сведения о химической стойкости резины приведены в табл. 323.

Технология обрезинивания. Процесс выполнения обкладок из резины, называемый также гуммированием, состоит из следующих четырех операций:

- 1) подготовки металла;
- 2) обезжиривания металла и резины;
- 3) прикатки сырой резины к металлу;
- 4) вулканизации резины.

Подготовка металла заключается в зашлифовании и зачистке острых углов и сварных швов, удалении заусенцев, заварке имеющихся раковин и пескоструйной

323. Химическая стойкость резины

Химические реагенты	Для мягкой резины		Для эбонита	
	Предельная концентрация реагента в %	Предельная температура реагента в °C	Предельная концентрация реагента в %	Предельная температура реагента в °C
<i>В неорганических средах</i>				
Аммиак водный	—	—	Любая	38
Известковый раствор	Любая	30	"	50
Кислоты:				
азотная	2	25	8	25
плавиковая	50	65	Концентриро- ванная	65
серная	50	65	60	65
сернистая	Любая	65	Любая	65
соляная	"	20	"	65
фосфорная	80	50	80	50
Соли кислот:				
серной	Насыщенный раствор	65	Насыщенный раствор	65
сернистой	То же	65	То же	65
соляной	"	65	"	65
<i>В органических средах</i>				
Анилин солянокислый	Любая	65	Любая	65
Ацетон	—	65	—	65
Глицерин	Любая	65	Любая	65
Кислоты:				
дубильная	Насыщенный раствор	65	Насыщенный раствор	65
уксусная	80	65	Любая	65
щавелевая	Любая	65	"	65
Красители органические	"	65	"	65
Минеральные масла	—	—	—	38
Спирты:				
бутиловый	Любая	65	Любая	65
метилловый	"	65	"	65
пропиловый	"	65	"	65
этиловый	"	65	"	65
Формальдегид	—	—	40	38

очистке всех обкладываемых поверхностей. Вместо пескоструйной очистки иногда производят очистку обжигом с последующим пропариванием и обработкой стальными щетками.

Обезжиривание металла и резины производят промывкой бензином.

Прикатка сырой резины к металлу. После обезжиривания поверхности резины и металла промазываются резиновым клеем (2—3 раза), затем резина накладывается на металл. При обрешивании дублированной резиной предварительно производят ее дублирование.

Прикатка резины выполняется роликами. При прикатке необходимо следить за плотностью прилегания резины к металлу. Если обнаруживаются воздушные пузырьки, резину в этих местах для удаления воздуха прокалывают.

На стыки листов резины накладывают ленты из тонкой резины.

Вулканизация резины производится или путем подачи острого пара непосредственно

в гуммируемый сосуд или резервуар с нагревом по определенному режиму до 130—140° C, или помещением гуммируемого изделия в вулканизационный котел.

Вулканизация по первому способу может производиться, если конструкция и прочность гуммируемого сосуда позволяют поднять в нем давление пара не менее чем до 3 атм.

По второму способу вулканизируют обкладки мелких аппаратов и отдельных деталей при наличии соответствующего вулканизационного котла.

Вулканизация резиновых обкладок открытых резервуаров и сосудов, не допускающих применения пара под давлением, производится при помощи горячей воды. В этом случае для изготовления обкладок пользуются быстровулканизирующимися резинами марок 829 или 2566.

Для повышения точки кипения воды в нее добавляют соли (хлористый кальций и др.).

Обкладки из быстровулканизизирующихся резины можно вулканизировать также при помощи перегретого пара.

Однако при выполнении вулканизации этими способами прочность сцепления резины с металлом получается значительно ниже, чем при вулканизации под давлением острым паром (около 25 вместо 60 кг/см²).

Заранее вулканизируемая резина для обкладок применяется редко, главным образом лишь при текущем ремонте для устранения местных дефектов, а также для обкладок деревянных резервуаров, так как такой способ гуммирования не обеспечивает получения прочного сцепления резины с металлом и требует приме-

нения специального клея — термопрена (ТУ МХП 351-Н).

Контроль качества резиновых обкладок. Наиболее серьезными дефектами у резиновых обкладок являются местные вздутия резины, отставание обкладки, недовулканизованность резины, трещины и поры в резине.

Вздутия, отставание и недовулканизованность резины могут быть обнаружены при тщательном осмотре обкладки и ее простукиванием.

Для обнаружения мелких трещин и пор, которые трудно выявить осмотром, применяют искровые индукторы (катушки Румкорфа).

ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ

Металлизация распылением

1. Антошин Е. В., Технология металлизации распылением, Машгиз, 1944.
2. Повышение долговечности машин и передовые методы ремонта, сб., Машгиз, 1949.
3. Валивасов Д. Г., Электрометаллизация, Саратовское обл. государственное издательство, 1953.
4. Катц Н. В. и Линник Е. М., Электрометаллизация, Сельхозгиз, 1953.
5. Красниченко Л. В., Металлизационные покрытия из псевдосплавов и применение их в качестве подшипниковых материалов, Ростовское книжное издательство, 1953.
6. Экономия цветных металлов, сб., Машгиз, 1953.
7. Эксплуатация металлизационных аппаратов, руководящие материалы ВНИИАвтомата, вып. 5, Машгиз, 1955.

Гальванические покрытия и химическая обработка металлов

1. Лайнер В. И. и Швыряев Г. К., Химическая и электрохимическая обработка металлов, Металлургиздат, 1951.
2. Бахвалов Г. Т., Биркган Л. Н., Лабутин В. П., Справочник гальваностегии, Металлургиздат, 1958.
3. Левитский Г. С., Хромирование деталей машин и инструмента, Машгиз, 1951.
4. Ямпольский А. М., Оксидирование и фосфатирование металлов, Машгиз, 1950.
5. Жих В. А., Статья в кн. "Ремонт автомобилей деталей," Машгиз, 1954.

Электроискровая обработка деталей машин

1. Зингерман А. С., Физические основы технологии электроэрозионной обработки металлов, сб. ЛОНИТОМАШ, кн. 36, Машгиз, 1955.
2. Попилов Л. Я. и Козловский Л. И., Электроискровая обработка металлов, Машгиз, 1950.
3. Левинсон Е. М., Владимиров Е. И., Электроискровая обработка твердосплавного инструмента, Лениздат, 1955.
4. Улицкий Е. Я. и Замалин В. С., Электрические методы обработки металлов, Трудрезерватиздат, 1952.
5. Левинсон Е. М., Некоторые конструкции электроискровых станков и их элементов, сб. ЛОНИТОМАШ, кн. 36, 1955.
6. Иванов Г. П., Технология электроискровой упрочнения деталей машин, сб. ЛОНИТОМАШ, кн. 36, 1955.

7. Иванов Г. П. и Савуков В. П., Электроискровое упрочнение бандажей и букс паровозов и лемехов тракторных плугов, сб. ЛОНИТОМАШ, кн. 36, Машгиз, 1955.
8. Белякин В. А., Влияние электроупрочнения на механические свойства стальных деталей, сб. ЛОНИТОМАШ, кн. 36, 1955.

Термическая и химико-термическая обработка металлов

1. Богданов С. Г., Металловедение и термическая обработка стали, Машгиз, 1950.
2. Гуляев А. П., Термическая обработка стали, Машгиз, 1953.
3. Кидин И. Н., Термическая обработка стали при индукционном нагреве, Металлургиздат, 1950.
4. Готлиб Л. И., Основы технологии пламенной поверхностной закалки, Машгиз, 1948.
5. Набока М. В., Пламенная поверхностная закалка деталей оборудования в металлургической промышленности, Металлургиздат, 1951.
6. Набока М. В., Поверхностная закалка стальных и чугунных валков прокатных станов, крупных осей и валов, Металлургиздат, 1952.
7. Вохомский Н. С. и Макаров И. С., Закалка деталей кузнечного оборудования ацетилено-кислородным пламенем, "Вестник машиностроения" № 8, 1952.
8. Минкевич А. Н., Химико-термическая обработка стали, Машгиз, 1950.

Точность и качество поверхности

1. Энциклопедический справочник "Машиностроение", т. 7, Машгиз, 1947.
2. Справочник машиностроителя, изд. 2-е, т. 5, Машгиз, 1955.
3. Кован В. М., Технология машиностроения, Машгиз, 1944.
4. Дьяченко П. Ф. и Якобсон М. О., Качество поверхности при обработке металлов резанием, Машгиз, 1951.
5. Проников А. С., Эксплуатационное и теоретическое исследование изнашивания направляющих металлорежущих станков, "Трение и износ в машинах", сб. X, АН СССР, 1955.
6. Лапидус А. С., Данные по износу и методы повышения износоустойчивости направляющих металлорежущих станков, ЭНИМС ЦБТИ, 1950.
7. Хрущов М. М. и Беркович Е. С., Точное определение износа деталей машин, АН СССР, 1953.

Инструмент для обработки металлов резанием

1. ВНИИ, Нормали на зуборезные головки малых размеров, 1955.
2. ВНИИ, Применение керамических пластинок при чистовом точении, 1954.
3. Грановский Н. И., Металлорежущий инструмент, Машгиз, 1952.
4. Сысоев В. И., Основы резания металлов и режущий инструмент, Машгиз, 1955.
5. Фрайфельд П. А., Инструмент, работающий методом обкатки, Машгиз, 1948.
6. Чапаев Н. П., Изготовление и отделка зубчатых колес, Машгиз, 1949.
7. Щеголев А. В., Конструирование протяжек, Машгиз, 1952.

Универсальные приспособления для механической обработки

1. Горошкин А. К., Приспособления для металлорежущих станков, Машгиз, 1953.
2. ВНИИТОМАШ, Труды Ленинградской научно-производственной технологической конференции. Приспособления и автоматизирующие устройства для металлорежущих станков, кн. 24. Машгиз, 1951.
3. Дума Р. К., Зажимные приспособления с использованием гидропластмассы, Машгиз, 1951.
4. Радченко В. М. и Эмануэль Г. Д., Станочные приспособления в машиностроении, Машгиз, 1952.
5. Справочник машиностроителя, т. 2, Машгиз, 1952.
6. „Werkstatt und Betrieb“ № 10 и 11, 1950.

Кинематическая настройка металлорежущих станков

1. Головин Г. М., Кинематика станков, ч. 1 и 2, МВТУ, 1946, 1950.
2. Ачеркан Н. С., Расчет и конструирование металлорежущих станков, Машгиз, 1952.
3. Бравичев В. А., Гайдар В. И., Зинин М. В., Меньшиков Н. И., Металлорежущие станки, Машгиз, 1955.
4. Зинин М. В., Станки для обработки зубчатых колес, Машгиз, 1953.
5. Кокичев В. Н., Птицын Г. А., Зуборезные станки, Машгиз, 1953.
6. Маслов Е. Н., Зуборезное дело, Машгиз, 1945.
7. Сандаков М. В., Таблицы подбора шестерен, Машгиз, 1951.
8. Шавлюга Н. И., Кинематические цепи металлорежущих станков, Машгиз, 1950.
9. Шаумян Г. А., Автоматы, Машгиз, 1955.
10. Шишков В. А., Подбор зубчатых колес, Машгиз, 1946.
11. Энциклопедический справочник „Машиностроение“, т. 9, Машгиз, 1949.

Способы повышения кинематической точности станков

1. Архангельский Л. А., Ткачевский Г. И. и Лившиц Г. А., Повышение кинематической точности зубофрезерных станков, „ЦНИИТМАШ“, кн. 65, Машгиз, 1954.

2. Партенский Б. М., Опыт повышения кинематической точности длительной цепи зубофрезерных станков, „Станки и инструмент“ № 11, 1951.

Изготовление и ремонт основных деталей кузнечно-прессового оборудования

1. Технические условия и руководящие материалы по ремонту кузнечно-прессового оборудования Челябинского тракторного завода.
2. Игнатов А. А., Штамповочные молоты, Машгиз, 1950.

Ремонт и изготовление деталей грузоподъемных машин

1. Госгортехнадзор СССР, Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов, Металлургиздат, 1957.
2. Николаевский Г. М. и Богуславский П. Е., Восстановительный ремонт кранового оборудования, Металлургиздат, 1945.

Изготовление биметаллических деталей

1. Борисов Ю. С., Экономия цветных металлов при ремонте заводского оборудования (из опыта заводов транспортного машиностроения), сб. „Экономия материалов в механических и инструментальных цехах“, Машгиз, 1953.
2. Борисов Ю. С., Сокращение расхода цветных металлов при ремонте оборудования, „Вестник машиностроения“ № 11, 1954.
3. Хабаров И. Н., Изготовление биметаллических втулок, подшипников, червячных шестерен и других деталей методами центробежной заливки бронзы, сб. „Экономия и замена цветных металлов“, Машгиз, 1953.
4. Баргштейн И. И. и Грузовский А. П., Экономия цветных металлов при ремонте оборудования (из опыта Челябинского тракторного завода), сб. „Экономия материалов в механических и инструментальных цехах“, Машгиз, 1953.
5. Морозов Е. М., Изготовление биметаллических втулок с применением нагрева токами высокой частоты, сб. „Экономия и замена цветных металлов“, Машгиз, 1953.

Металлокерамические детали

1. Бальшин М. Ю., Порошковая металлургия, Металлургиздат, 1948.
2. Раковский В. С., Металлокерамика в машиностроении, Машгиз, 1949.
3. Справочник машиностроителя, т. 5, Машгиз, 1956.
4. Справочник по металлокерамическим материалам, Оборонгиз, 1952.
5. „American Machinist“ № 9, т. 98, 1954.
6. Раковский В. С., Саклинский В. В., Металлокерамика в машиностроении, Машгиз, 1956.
7. Борисов Ю. С., Сокращение расхода цветных металлов при ремонте оборудования (из опыта заводов транспортного машиностроения), „Вестник машиностроения“ № 11, 1954.

Защитные обкладки из резины

1. Справочник механика химического завода, Госхимиздат, 1950.

СЛЕСАРНЫЕ, ТАКЕЛАЖНЫЕ И ТРУБОПРОВОДНЫЕ РАБОТЫ ПРИ РЕМОНТЕ ОБОРУДОВАНИЯ

СЛЕСАРНО-МОНТАЖНЫЙ ИНСТРУМЕНТ

Слесарный инструмент

Слесарные молотки

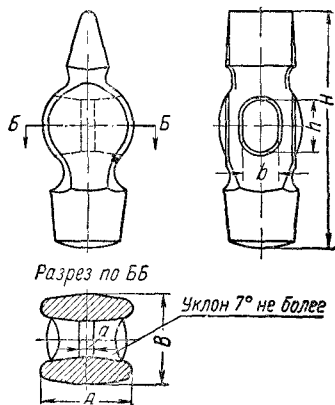
Молотки применяются при разборке и сборке оборудования (выбивке шпилек, контровке валиков и т. п.) и при выполнении всевозможных слесарных работ по

молотки утверждены ГОСТ 2310-54. Существует два типа слесарных молотков: тип А — с круглым бойком (фиг. 1 и табл. 1) и тип Б — с квадратным бойком (фиг. 2 и табл. 2).

1. Основные размеры слесарных молотков с круглым бойком типа А (ГОСТ 2310-54)

№ молотка	Номинальный вес молотка в Г	Габаритные размеры в мм			Размеры всада в мм		
		Н	А	В	b	h	a
1	200	80	26	25	10	20	Не менее 0,25 размера А
2	400	100	34	31	12	25	
3	500	105	37	36	15	30	
4	600	110	40	37	15	30	
5	800	120	43	41	18	32	
6	1000	130	45	42	18	32	

Условное обозначение слесарного молотка типа А № 3:
„Молоток АЗ ГОСТ 2310-54“.



Фиг. 1. Слесарный молоток с круглым бойком типа А.

сочленению деталей (посадке втулок или их удалении, рубке металла зубилами, кернении и пр.).

Молотки изготавливаются из инструментальной углеродистой стали марки У7 и У8. Рабочие части молотка подвергаются термообработке (закалке) до твердости $R_C = 49 \div 56$.

Ударные поверхности бойков шлифуются. Технические условия на слесарные

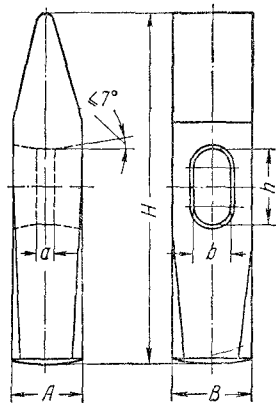
Насадка рукоятки. Рукоятки молотков изготавливаются из сухого дерева твердой породы (дуб, бук, кизил). В поперечном сечении рукоятка должна иметь овальную форму и утолщаться к свободному концу. Длина рукоятки должна быть тем больше, чем больше вес молотка. Слесарные молотки весом 200—400 Г должны иметь рукоятки длиной от 300 до 400 мм.

Отверстие всада молотков имеет овальную форму с расширением как в продольном, так и в поперечном направлениях. Для прочного укрепления молотка на

2. Основные размеры слесарных молотков с квадратным бойком типа Б (ГОСТ 2310-54)

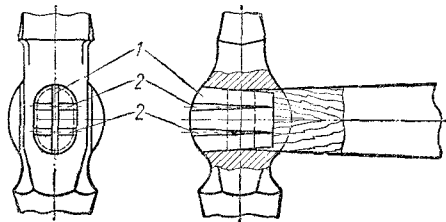
№ молотка	Номинальный вес молотков в г	Габаритные размеры в мм			Размеры ввода в мм		
		H	A	B	b	h	a
1	50	70	12	12	7	12	Не менее 0,25 от размера A
2	100	80	15	15	9	16	
3	100	100	19	19	10	20	
4	400	115	25	25	12	25	
5	500	120	27	27	13	30	
6	600	125	29	29	15	30	
7	800	130	33	33	18	32	
8	1000	135	35	35	18	32	

Условное обозначение слесарного молотка типа Б № 3:
 „Молоток БЗ ГОСТ 2310-54“.



Фиг. 2. Слесарный молоток с квадратным бойком типа Б.

рукоятке забивают три клина, как это указано на фиг. 3.



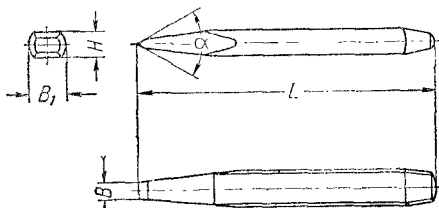
Фиг. 3. Расклинивание ручки слесарного молотка: 1 — продольный клин; 2 — поперечный клин.

Зубила и крейцмейсели

Слесарная ручная обработка металлов применяется в настоящее время редко, тем не менее при ремонте оборудования иногда приходится прибегать к ручной

обработке металлов при помощи зубила или крейцмейселя

Зубила и крейцмейсели (фиг. 4 и 5) должны иметь в поперечном сечении овальную форму, а режущая кромка представ-



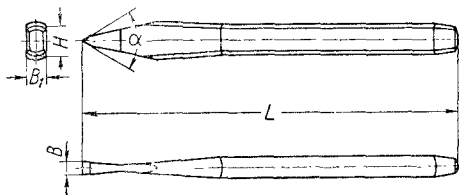
Фиг. 4. Слесарное зубило.

3. Основные размеры зубил (ГОСТ 7211-54)

В	L	H	B ₁	Угол α в град.		
				Обрабатываемый материал		
в мм				гвер- дый	сред- ний	мяг- кий
5	100	8	12	70	60	45
10	125	8	12			
15	150	10	16			
20	175	16	25			
25	200	20	30			

Пример условного обозначения слесарного зубила с шириной рабочей части В = 20 мм, с углом между боковыми гранями 60°:

„Зубило слесарное 20×60 ГОСТ 7211-54“



Фиг. 5. Слесарный крейцмейсель.

4. Основные размеры слесарных крейцмейселей (ГОСТ 7212-54)

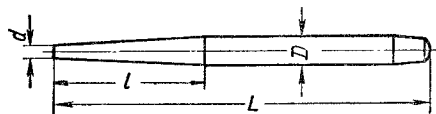
В	L	В ₁	H	Угол α в град.		
				Обрабатываемый материал		
В мм				твер- дый	сред- ний	мяг- кий
2	150	8	12	70	60	45
5	150	10	16			
8	175	10	16			
10	175	16	25			
12	200	16	25			
15	200	16	25			

лять собой прямую или слегка выпуклую линию. Угол заострения у зубил и крейцмейселей зависит от обрабатываемого ими материала: для стали с пределом прочности 65 кг/мм^2 — 65° — 75° , для чугуна 70° , меди 45° и алюминия 40° и менее.

Зубила и крейцмейсели изготавливаются из инструментальной углеродистой стали марок У7 и У8 и термически обрабатываются. Твердость рабочей части зубил и крейцмейселей на длине $0,3$ — $0,5 l$ должна быть $R_C = 52 \div 57$, а ударной части на длине 15 — 25 мм $R_C = 32 \div 40$.

Бородки

Слесарные бородки (фиг. 6) применяются для выбивания цилиндрических и конических шпилек в соединениях станков



Фиг. 6. Слесарный бородок.

5. Основные размеры в мм слесарных бородков (ГОСТ 7214-54)

d	L	D	l	d	L	D	l
1	85	6	30	4	120	10	45
2	90	6	35	6	150	12	50
3	100	8	40	8	175	16	70

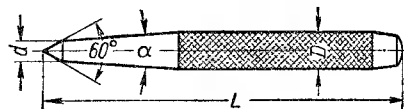
Пример условного обозначения слесарного бородка диаметром 8 мм:
„Бородок слесарный 8 ГОСТ 7214-54“

и деталей, а также расправления отверстий при склепывании металлических деталей из листового материала.

Бородки изготавливаются из инструментальной углеродистой стали марок У7 и У8 и подвергаются термической обработке. Твердость рабочей части бородка на длине 15 — 40 мм должна быть $R_C = 45 \div 52$, а ударной части на длине 15 — 25 мм $R_C = 32 \div 40$.

Кернеры

Кернеры (фиг. 7) применяются в основном при разметочных работах для накернивания границ контуров деталей, предназначенных для дальнейшей обработки на металлорежущих станках (токарных, сверлильных, фрезерных и т. д.). При сверлении отверстий в деталях на сверлильных станках керном намечается цен-



Фиг. 7. Кернер.

6. Основные размеры кернеров в мм (ГОСТ 7213-54)

d	L	D	α	d	L	D	α
2	90	8	10°	4	125	12	$7^\circ 40'$
3	100	10	$8^\circ 30'$	6	150	13	10°

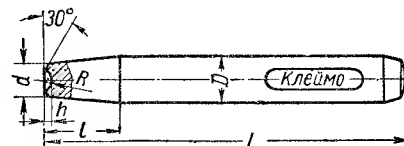
тровая точка, служащая центром будущего отверстия, в которую направляется сверло своей перемычкой.

Кернеры изготавливаются из углеродистой инструментальной стали марок У7 и У7А. Рабочая часть кернера на длину около 20 мм закаливается и отпускается до твердости $R_C = 52 \div 55$.

Ударная часть кернера закаливается на длину до 15 мм и имеет твердость $R_C = 32 \div 40$. Поверхность кернера для лучшего его удержания в руке накатывается перекрестной накаткой с шагом $0,8$ — 1 мм .

Обжимки ручные

Обжимки для заклепок с полукруглой головкой (фиг. 8) применяются при ремонте заклепочных соединений.



Фиг. 8. Ручная обжимка для заклепок с полукруглой головкой.

7. Основные размеры в мм ручных обжимок для заклепок с полукруглой головкой (ГОСТ 7215-54)

Диаметр заклепок	R	h	L	D	d	l
1	1,1	0,5	90	8	4	15
1,2	1,3	0,6	90	8	4	
1,4	1,5	0,7	90	10	5	
1,7	1,8	0,9	90	10	5	
2	2,1	1,1	90	10	5	
2,3	2,4	1,3	90	10	6	20
2,6	2,8	1,4	90	12	7	
3	3,1	1,6	100	12	8	
3,5	3,7	1,8	110	14	9	
4	4,1	2,1	120	16	11	24
5	5,1	2,6	130	18	13	28
6	6,5	3,2	140	20	15	32
7	7,5	3,7	150	22	17	36
8	8,3	4,2	160	22	18,5	36

Условное обозначение обжимки для заклепки диаметром 8 мм:
„Обжимка ручная 8 ГОСТ 7215-54“.

Обжимки изготавливаются из инструментальной углеродистой стали марок У7, У8 и У8А и термически обрабатываются. Твердость рабочей части обжимок на длине 0,3—0,5 l должна быть $R_C = 48 \div 54$, а ударной части на длине 15—25 мм $R_C = 32 \div 40$.

Напильники

Напильники являются основным слесарным режущим инструментом, предназначенным для придания детали вручную необходимой формы или пригонки размеров последней.

Напильник имеет большое количество отдельных зубьев, представляющих собой резцы, которые при движении напильника по изделию с соответствующим на него нажатием снимают металл в виде мелкой стружки.

Основные размеры напильников стандартизированы ГОСТ 1465-53 (табл. 8). К этим размерам относятся форма напильников, тип насечек, число насечек, направление насечек.

Длина напильников, принятая стандартом, — от 100 до 450 мм.

Напильники различаются по номерам насечек от № 1 до 6. Номер насечки напильника характеризуется числом основных насечек на 10 мм его длины. Чем меньше номер насечки, тем крупнее зуб напильника.

Напильники изготавливаются из инструментальной углеродистой стали марок У10, У10А, У12, У12А, У13 и У13А или из хромистой стали марок ШХ6, ШХ9 или ШХ15. Твердость и острота зубьев напильника должна обеспечивать сцепляемость их с контрольной пластинкой из стали марки У10 или У12, имеющей твердость не менее $R_C = 54$.

Надфили









Надфили применяются при обработке мелких деталей и особо точных припильно-вочных работах.

Номер насечки надфиля, так же как и у напильников, характеризуется числом основных насечек на 10 мм его длины.

Воротки для круглых плашек

Для прорезки резьбы у винтов, болтов и резьбовых шпилек применяются круглые плашки, закрепляемые в воротки, приведенные на фиг. 9—11.

8. Типы и основные размеры напильников общего назначения (ГОСТ 1465-53)

Тип напильников и форма сечения	№ насечки	Длина напильника в мм							
		100	125	150	200	250	300	400	450
Плоские тупоносые 	1	×	×	×	×	×	×	×	×
	2	×	×	×	×	×	×	×	×
	3	×	×	×	×	×	×	×	×
	4	×	×	×	×	×	×	×	×
	5	×	×	×	×	×	×	×	×
	6	×	×	×	×	×	×	×	×
Плоские остроносые 	1	×	×	×	×	×	×	×	×
	2	×	×	×	×	×	×	×	×
	3	×	×	×	×	×	×	×	×
	4	×	×	×	×	×	×	×	×
	5	×	×	×	×	×	×	×	×
	6	×	×	×	×	×	×	×	×
Квадратные 	1	×	×	×	×	×	×	×	×
	2	×	×	×	×	×	×	×	×
	3	×	×	×	×	×	×	×	×
	4	×	×	×	×	×	×	×	×
	5	×	×	×	×	×	×	×	×
	6	×	×	×	×	×	×	×	×
Треугольные 	1	×	×	×	×	×	×	×	×
	2	×	×	×	×	×	×	×	×
	3	×	×	×	×	×	×	×	×
	4	×	×	×	×	×	×	×	×
	5	×	×	×	×	×	×	×	×
	6	×	×	×	×	×	×	×	×
Круглые 	1	×	×	×	×	×	×	×	×
	2	×	×	×	×	×	×	×	×
	3	×	×	×	×	×	×	×	×
	4	×	×	×	×	×	×	×	×
	5	×	×	×	×	×	×	×	×
	6	×	×	×	×	×	×	×	×
Полукруглые 	1	×	×	×	×	×	×	×	×
	2	×	×	×	×	×	×	×	×
	3	×	×	×	×	×	×	×	×
	4	×	×	×	×	×	×	×	×
	5	×	×	×	×	×	×	×	×
	6	×	×	×	×	×	×	×	×
Ромбические 	2	×	×	×	×	×	×	×	×
	3	×	×	×	×	×	×	×	×
	4	×	×	×	×	×	×	×	×
	6	×	×	×	×	×	×	×	×
Ножовочные 	2	×	×	×	×	×	×	×	×
	3	×	×	×	×	×	×	×	×
	4	×	×	×	×	×	×	×	×
	6	×	×	×	×	×	×	×	×

Условное обозначение плоского тупоносого напильника с рабочей частью длиной 300 мм и насечкой № 3:

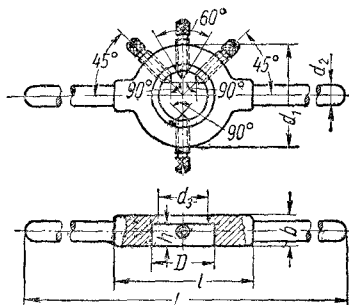
«Напильн. плоск. тупон. 300 № 3
ГОСТ 1465-53».

9. Типы и основные размеры надфилей
(ГОСТ 1513-53)

Типы надфилей и форма сечения	Длина рабочей части в мм	№ насечки					
		1	2	3	4	5	6
Плоские тупоносые 	60 80	×	×	×	×	×	×
Плоские остроносые 	60 80	×	×	×	×	×	×
Квадратные 	60 80	×	×	×	×	×	×
Трехгранные 	60 80	×	×	×	×	×	×
Трехгранные односторонние 	40 60 80	×	×	×	×	×	×
Круглые 	60 80	×	×	×	×	×	×
Полукруглые 	60 80	×	×	×	×	×	×
Овальные 	40 60 80	×	×	×	×	×	×
Ромбические 	60 80	×	×	×	×	×	×
Ножовочные 	40 60 80	×	×	×	×	×	×
Пазовые 	60 80	×	×				
Условное обозначение плоского тупоносого надфиля с длиной рабочей части 80 мм с насечкой № 2: „Надф. плоск. тупон. 80 № 2 ГОСТ 1513-53“							

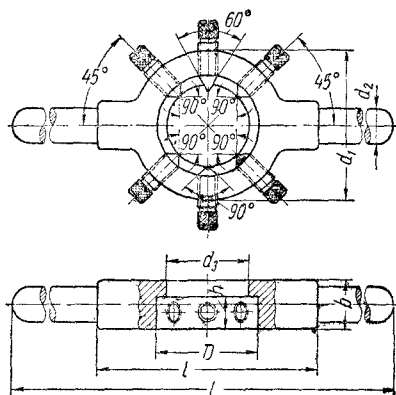
Воротки для плашек по ГОСТ 2175-51
изготавливаются трех типов:

типа I — для круглых плашек с резь-
бой диаметром от 1 до 2,6 мм (фиг. 9);

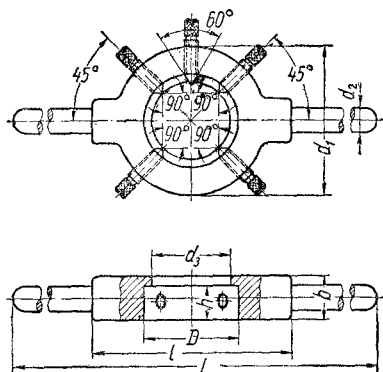


Фиг. 9. Вороток для круглых плашек.

типа II — для круглых плашек с резь-
бой диаметром от 3 до 6 мм (фиг. 10);



Фиг. 10. Вороток для круглых плашек.



Фиг. 11. Вороток для круглых плашек.

типа III — для круглых плашек с резьбой диаметром от 7 мм и более (фиг. 11).

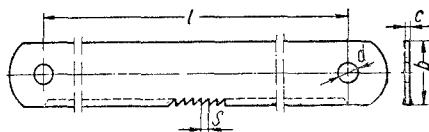
Материалом для воротков служит конструкционная углеродистая сталь марок Ст. 3 или Ст. 5. Винты для укрепления круглой плашки в воротке изготавливаются из инструментальной углеродистой стали марок У7 или У8. Концы у винтов затачиваются под углом 90° и 60° и закаливаются до твердости $R_C = 49 \div 52$.

Винт с концом 60° служит для разжима плашки, а винты с концами под углом 90° служат только для ее укрепления в воротке.

Рукоятки воротка и соединение их с корпусом стандартом не устанавливаются и могут быть изготовлены либо за одно целое с воротком, либо присоединены к нему с помощью резьбы или любым другим способом.

Ручные ножовки

Ножовки служат для отрезки металла, вырезки заготовок для деталей, обрезки длинных болтов, винтов и выполнения других подобных работ.



Фиг. 12. Ножовочное полотно.

Режущим инструментом у ручной ножовки является ножовочное полотно (фиг. 12).

Ножовочные полотна изготавливаются двух типов: типа I — станочные (табл. 11) и типа II — ручные (табл. 12).

Материалом для станочных полотен служит быстрорежущая сталь марок Р9 по ГОСТ 5952-51 и ШХ15 по ГОСТ 801-47.

Материалом для ручных ножовочных полотен служит легированная сталь марок 9ХС по ГОСТ 5950-51 или У10, У10А, У12 и У12А по ГОСТ 1435-54.

Циркули разметочные

Ножки циркулей (фиг. 13 и 14) изготавливаются из стали марок 45—50. Остальные детали могут быть изготовлены из сталей любых марок. Концы рабочей части ножек циркулей на длину ~20 мм закаливаются на твердость $R_C = 38 \div 45$.

10. Основные размеры в мм воротков для круглых плашек (ГОСТ 2175-51)

Тип	D	h	d ₁	d ₂	d ₃	l	b	L
I	16	5	25	5	12	35	7	130
II	20	5 6,5	30	6	16	45	7 9	200
III	25	6,5 8,5	40	6	20	55	9 12	250
	30	7,5 10	45	8	25	60	11 14	300
	38	9,5 13	60	10	32	80	13 17	380
	45	9,5 13 17	70	12	40	90	13 18 22	430
	55	11 15 20	85	14	48	115	16 20 25	580
IV	65	13 17 23	95	16	58	125	17 22 28	680

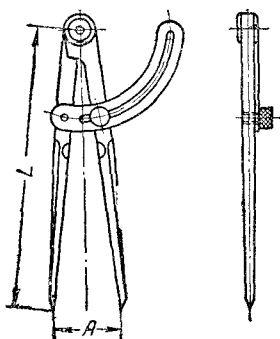
11. Размеры в мм станочных полотен (ГОСТ 6645-53)

l	S (шаг зуба)						c	b	d
350	2,0	2,5	3,0	—	—	—	1,2	25	8,0
350	2,0	2,5	3,0	3,5	—	—	1,5	25	8,0
400	—	2,5	3,0	4,0	—	—	1,8	30	8,0
450	—	2,5	3,0	4,0	5,0	—	2,0	35	8,0
500	—	—	3,0	4,0	5,0	—	2,0	40	10,0
600	—	—	—	4,0	5,0	6,0	2,5	45	10,0

12. Размеры в мм ручных ножовочных полотен (ГОСТ 6645-53)

l	S (шаг зуба)		c	b	d	l_1
250	0,8	1,0	0,6	12	4	7
300	0,8	1,0	0,6	12	4	7
300	1,3	1,6	0,8	15	4	8
350	1,3	1,6	0,8	15	4	8

Основные размеры разметочных циркулей стандартизованы и приведены в табл. 13 и 14.



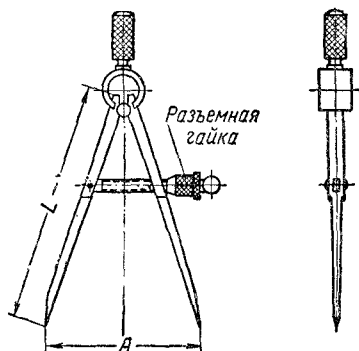
Фиг. 13. Разметочный циркуль.

13. Разметочные
циркули
(ОСТ НКТМ 6601-39)

A наиб.	L
в мм	
260	200
350	250
430	300
500	350

14. Разметочные
циркули с пружиной
(по ОСТ НКТМ 6602-39)

A наиб.	L
в мм	
50	75
80	100
120	125
150	150



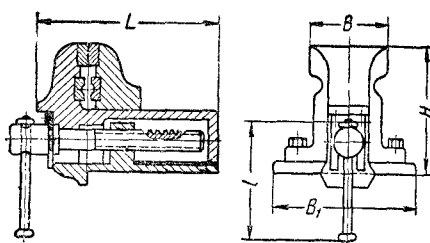
Фиг. 14. Разметочный циркуль с пружиной.

Тиски слесарные

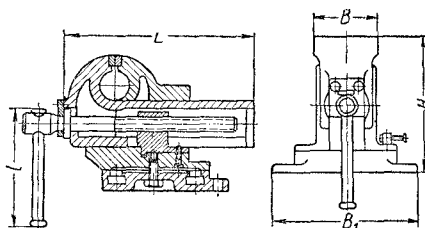
Тиски предназначаются для зажатия деталей при слесарной обработке различными ручными инструментами (напильниками, зубилом, крейцмейселем и т. п.).

По конструкции слесарные тиски делятся на параллельные и ступовые (фиг. 15—17).

Ступовые тиски изготавливаются из стали и применяются в основном для тяжелых обрубочных работ. К недостаткам этой



Фиг. 15. Тиски слесарные параллельные неповоротные типа I.



Фиг. 16. Тиски слесарные параллельные поворотные типа II.

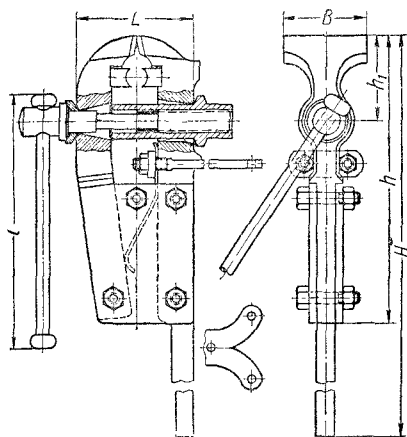
15. Основные размеры в мм параллельных и ступовых слесарных тисков (ГОСТ 4045-54)

<i>B</i>	<i>B</i> ₁	Наибольшее раскрытие губок	<i>L</i>	<i>H</i>	<i>l</i>	Вес в кг не более
<i>Тиски слесарные неповоротные (типа I)</i>						
60	120	45	160	90	120	3
80	150	65	200	110	150	5,5
100	190	95	250	140	180	11
140	340	180	480	200	220	30
<i>Тиски слесарные поворотные (типа II)</i>						
80	220	95	320	220	220	24
140	340	180	480	300	340	40

<i>B</i>	Наибольшее раскрытие губок	<i>L</i>	<i>l</i>	<i>H</i>	<i>h</i>	<i>h</i> ₁	Вес в кг не более
<i>Тиски слесарные ступовые</i>							
100	90	160	300	630	340	115	16
130	130	180	330	750	450	130	32
150	150	210	400	800	450	140	45
180	180	240	420	850	530	150	60

конструкции тисков следует отнести непараллельность раздвижения губок, громоздкость и неудобство обработки и зажима в них мелких деталей.

Наиболее распространенной конструкцией тисков являются тиски с параллельным ходом губок. Они изготавливаются двух типов: с неповоротным основанием (фиг. 15) и с поворотным основанием (фиг. 16). Большим распространением



Фиг. 17. Тиски слесарные стуловые.

пользуются тиски с поворотным основанием. Параллельные тиски лучше зажимают, но недостаточно прочны, так как обычно изготавливаются из чугуна и не допускают поэтому работы в них, сопряженной с сильными ударами.

Чтобы сильнее удерживать во время работы зажимаемое изделие, губки тисков снабжаются крестообразной насечкой шагом 1,5—3 мм и глубиной 1 мм. Губки тисков являются сменными деталями и заменяются при их износе.

Во избежание быстрого износа, губки после насечки подвергают термической обработке до твердости $R_C = 52 \div 58$.

Рабочие поверхности накладных губок тисков в сжатом состоянии должны плотно прилегать друг к другу по всей плоскости. Просвет между губками допускается не более 0,1 мм. Работа на тисках с изношенными губками не допускается.

Зажимной винт и гайку тисков необходимо периодически смазывать машинным маслом; при зажиме деталей в тиски не допускается применять трубы в качестве дополнительного рычага.

Зажимное усилие слесарных тисков не должно превышать:

При ширине губок	60 мм	8 кг
"	80 "	10 "
"	100 "	16 "
"	140 "	30 "

Монтажный инструмент

Ключи гаечные

Для отвертывания и заворачивания гаек при разборке и сборке машин существуют различные конструкции плоских и торцовых ключей.

Основные размеры и типы ключей, предусмотренные для этой цели стандартами, приведены в табл. 16—27.

16. Основные размеры в мм гаечных разводных ключей типа I (ГОСТ 7275-54)

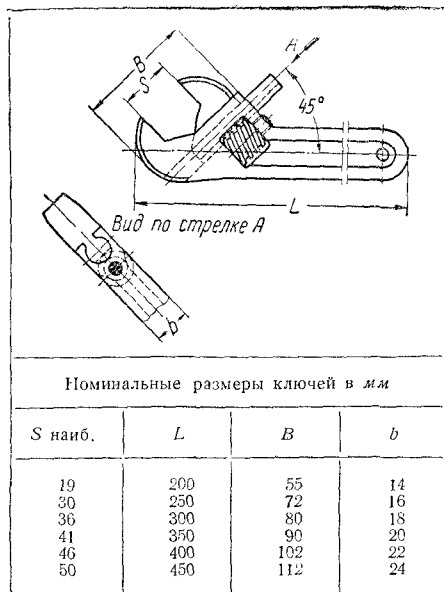
Номинальные размеры ключей			
S наиб.	L	B	b
19	150	40	10
24	200	54	12
30	260	68	15
36	310	82	18
41	370	96	21
46	420	110	24

Ключи трубные

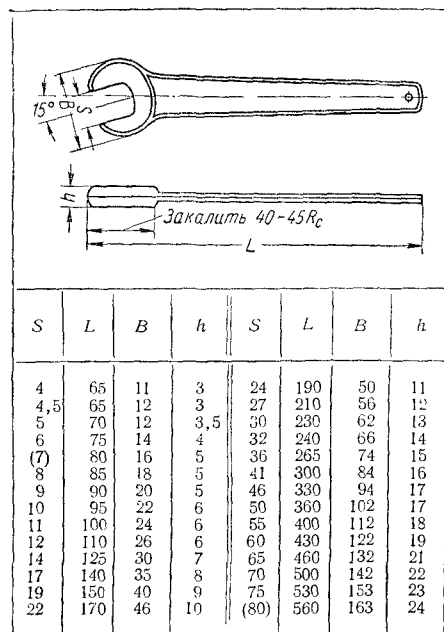
Для монтажа и демонтажа трубопроводов станков с гидравлическим приводом, паропроводов и т. п. служат трубные рычажные, трубные накидные и трубные цепные ключи.

Основные размеры этих ключей приведены в табл. 25—27.

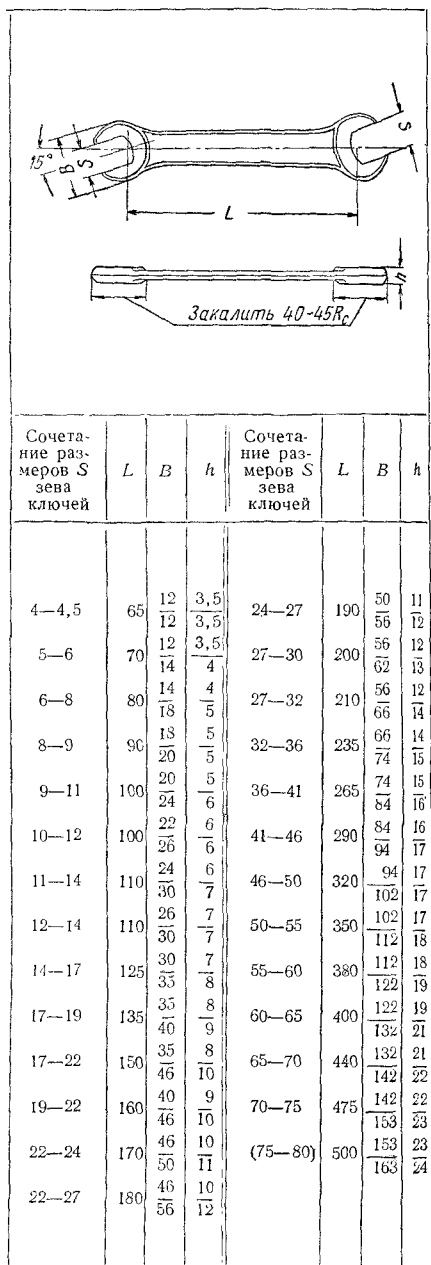
17. Основные размеры в мм гаечных разводных ключей типа II (ГОСТ 7275-54)



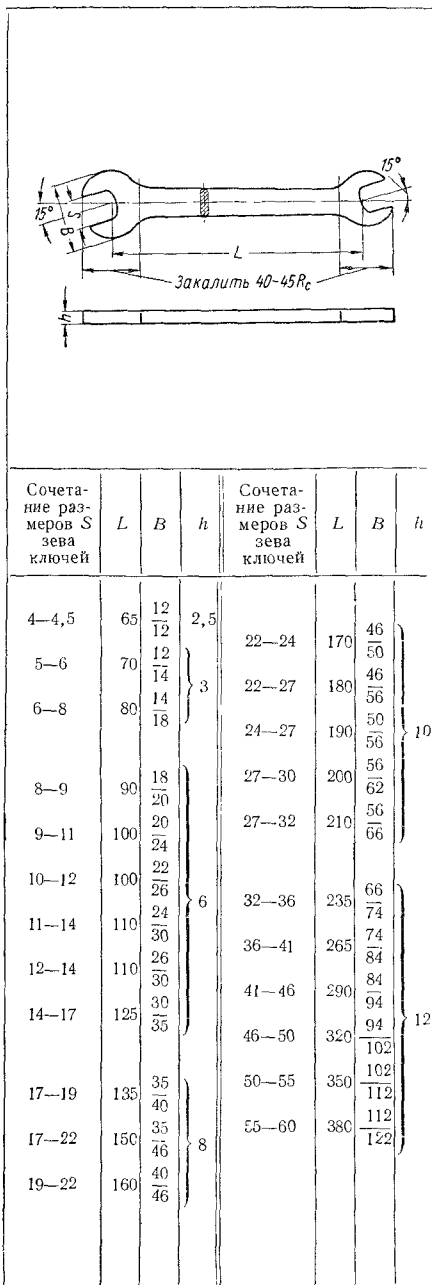
18. Основные размеры в мм гаечных односторонних ключей общего назначения (ГОСТ 2841-54)



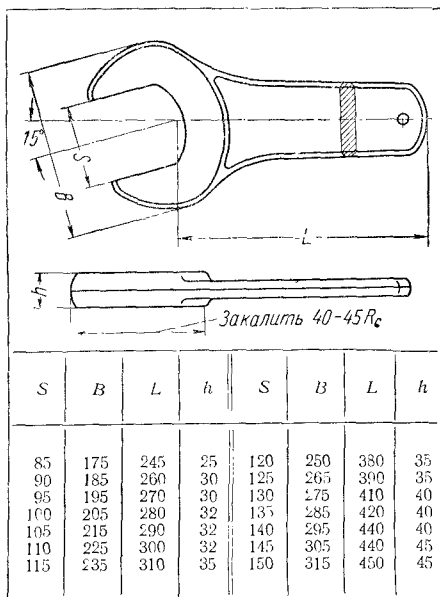
19. Основные размеры в мм гаечных двусторонних ключей (ГОСТ 2839-54)



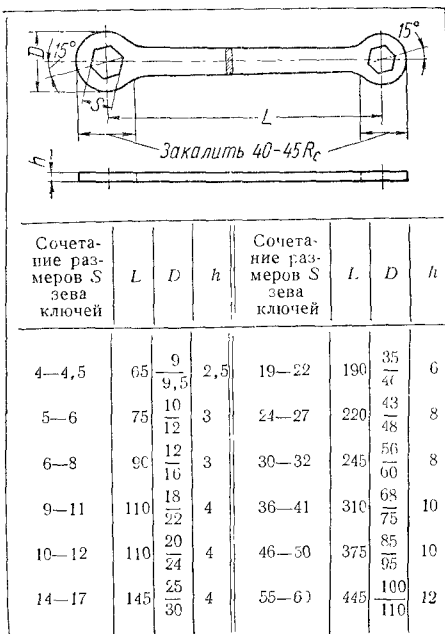
20. Основные размеры в мм гаечных двусторонних плоских ключей общего назначения (ГОСТ 2840-54)



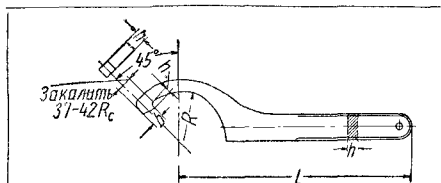
21. Основные размеры в мм гаечных укороченных ключей (ГОСТ 3108-54)



22. Основные размеры в мм гаечных глухих двусторонних плоских ключей (ГОСТ 2906-54)

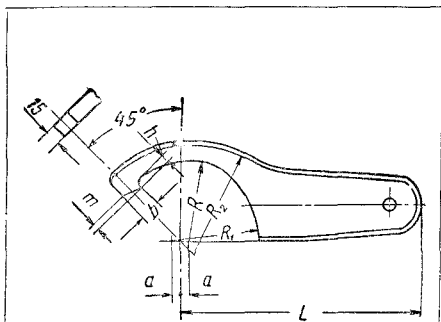


23. Основные размеры в мм односторонних ключей для круглых гаек (ГОСТ 3106-54)



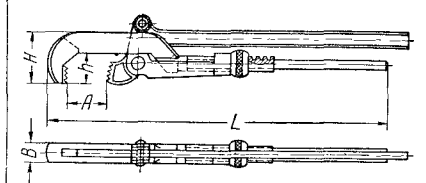
Наружный диаметр гаек D	L	R	h	b
22—26	110	11,5	5	3,5
28—32	130	14,5		4
34—36	140	17,5	6	4,5
38—42	150	19,5	7	4,5
45—52	170	23		4,5
55—62	190	28	8	5
68—72	210	35		5
78—85	230	40		6
90—95	250	46	10	6
100—110	270	51,5		7
115—130	290	59		7,5
137—145	310	69	12	8,5
150—160	320	77		10

24. Основные размеры в мм укороченных ключей для круглых гаек (ГОСТ 3109-54)



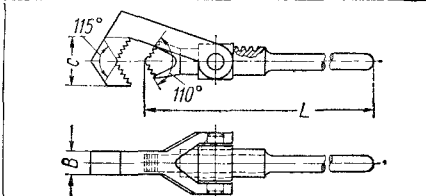
Наружный диаметр гаек	L	R	R_1	b	h	a	R_2	m
165—170	260	84	88	11	6,5	3	120	2
180—195	280	91	96	12	6,5	3	130	2
205—220	310	105	109	14	7	3	145	2
230—240	330	117	119	15	7	3	158	2
250—260	350	127	129	15	7	3	170	2

25. Основные размеры в мм трубных рычажных ключей (ОСТ НКМТ 6813-39)



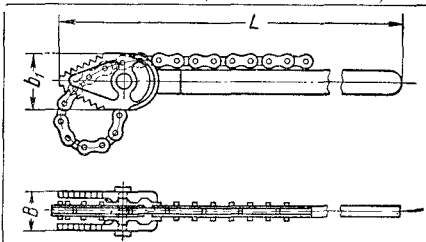
№ ключа	Для труб диаметром в дюймах	A наиб.	L	B	H	h
1	$1/4$ —1	36	305	17	46	26
2	$1/2$ —1 1/2	50	410	22	60	37
3	$1/2$ —2	62	500	26	70	45
4	$3/4$ —3	90	635	30	86	57
5	1—4	120	825	34	110	70

26. Основные размеры в мм трубных накидных ключей (ОСТ НКМТ 6814-39)



№ ключа	Для труб диаметром в дюймах	L	B	C
1	$1/8$ —1	400	20	42
2	$1/2$ —2	525	28	70
3	$3/4$ —3	650	32	105

27. Основные размеры в мм трубных цепных ключей (ОСТ НКМТ 6815-39)



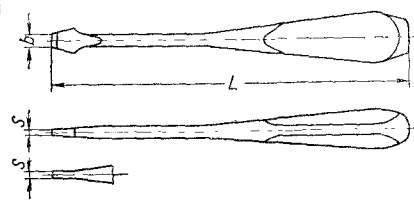
№ ключа	Для труб диаметром в дюймах	L	B	b_1
1	$1/8$ —1	400	37	50
2	$1/4$ —2	525	42	60
3	$1/2$ —3	630	48	70
4	$3/4$ —4	800	54	80

Отвертки слесарно-монтажные

Отвертки служат для отвертывания винтов, шурупов и т. п.

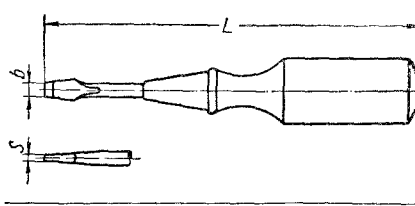
Отвертки изготавливаются следующих типов: типа А — отвертки с накладными щечками; типа Б — отвертки с металлической пяткой; типа В — отвертки с диэлектрической ручкой; типа Г — отвертки, изготавливаемые из проволоки.

28. Основные размеры в мм отверток с накладными щечками типа А (ГОСТ 5423-54)



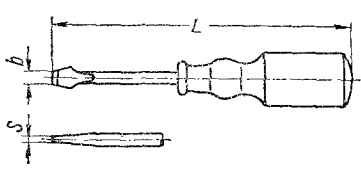
L	S	b	L	S	b
125	0,4	4	200	1,0	9
150	0,5	5	250	1,4	11
175	0,7	7	300	1,8	15
200	0,9	9			

29. Основные размеры в мм отверток с металлической пяткой типа Б (ГОСТ 5423-54)



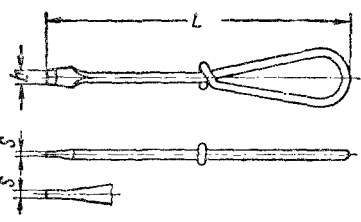
L	S	b	L	S	b	
150 250	0,5	5	250 350	1,4	11	
175 250	0,7	7	250 350	1,8	15	
200 300	0,9	9	250 400	2,8	18	
200 300	1,0		400	3,8	25	

30. Основные размеры в мм отверток с диэлектрической ручкой типа В (ГОСТ 5423-54)



L	S	b	L	S	b
100	0,3	3	200	1,0	9
125			350		
100	0,4	4	250	1,4	11
150			400		
150	0,5	5	250	1,8	15
250			400		
175	0,7	7	250	2,8	18
300			400		
200	0,9	9	400	3,8	25
350					

31. Основные размеры в мм проволочных отверток типа Г (ГОСТ 5423-54)



L	S	b
70	0,2	2
80	0,3	3
100	0,4	4
125	0,5	5
125	0,7	7

Стержни отверток типов А, Б, В и Г изготавливаются из инструментальной стали марок У7 и У8. Щечки отверток типов А и Б изготавливаются из древесины твердых пород (граб, ясень, бук и др.) или же из пластмассы типа 3 по ГОСТ 5689-51.

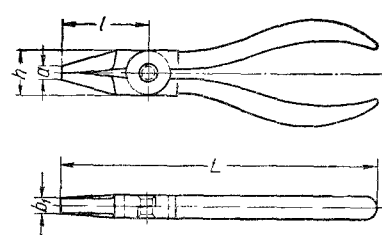
Ручки отверток типа В изготавливаются из неэлектропроводной прочной пластмассы типа 2 по ГОСТ 5689-51.

Отвертки на длину лопаток термически обрабатываются до твердости $R_C = 46 \div 52$.

Плоскогубцы, круглогубцы и острогубцы

Плоскогубцы и круглогубцы изготавливаются из стали марки не ниже 50; губки их закаливаются до твердости $R_C = 42 \div 50$. Острогубцы изготавливаются из стали У7 и У8 с губками твердостью после термообработки $R_C = 52 \div 60$.

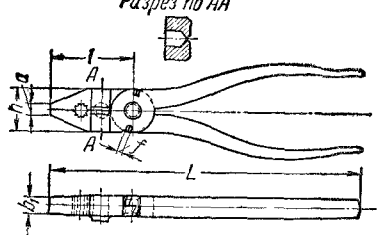
32. Плоскогубцы (ГОСТ 7236-54)
Размеры в мм



L	l	a	b ₁	h
125	35	3	6	13
150	40	5	8	19
175	45	6	9	20
200	50	6	10	22

33. Плоскогубцы комбинированные
(ГОСТ 5547-52)
Размеры в мм

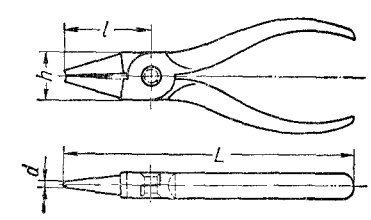
Разрез по АА



L	l	h	a	b ₁	f
125	35	18	3	6	2
150	40	20	5	8	2,5
175	45	24	6	9	3
200	50	26	8	10	3

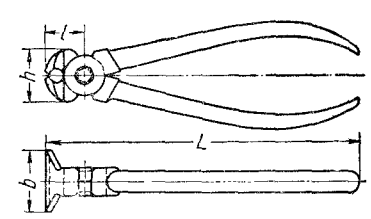
Основные размеры плоскогубцев, круглогубцев и кусачек приведены в табл. 32-35.

34. Круглогубцы (ГОСТ 7283-54)
Размеры в мм



L	l	h	d
125	36	18	2,5
150	40	18	2,5
175	45	20	2,5
200	50	22	2,5

25. Острогубцы (кусачки) (ГОСТ 7282-54)
Размеры в мм



L	b	l	h
125	26	16	20
150	30	18	24
175	36	20	28
200	40	22	30

Механизированный инструмент

Применение механизированного ручного инструмента облегчает труд рабочего и способствует повышению его производительности.

Механизированный ручной инструмент может применяться при выполнении различных ремонтных и монтажных работ, для сверления отверстий, высверливания поломанных шпилек, болтов, винтов и т. п. Он находит себе применение в приспособлениях для шлифования и полирова-

ния. С помощью механизированного инструмента также можно производить чеканку и клепку котлов, емкостей и различных металлических конструкций.

По роду используемой энергии механизированный инструмент делится на электрифицированный и пневматический.

Электрифицированный инструмент

Электрифицированный ручной инструмент изготавливается с встроенными электродвигателями следующих типов:

а) коллекторными, универсальными, работающими от сети переменного или постоянного тока напряжением 220 в, при частоте тока 50 пер/сек;

б) асинхронными, с короткозамкнутым ротором, работающим от силовой сети переменного трехфазного тока напряжением 220 в, при частоте тока 50 пер/сек.

в) асинхронными, с короткозамкнутым ротором, работающим от специальной сети переменного тока напряжением 220 или 36 в, при частоте тока 200 пер/сек.

Применение в электрифицированном инструменте электродвигателей с высокими числами оборотов позволяет значительно снизить его вес, так как вес таких двигателей значительно меньше, чем электродвигателей с малыми числами оборотов одинаковой мощности. Скорость вращающегося магнитного поля асинхронного двигателя или синхронное число оборотов в минуту выражается следующей формулой:

$$n_c = \frac{f60}{p},$$

где f — частота тока в пер/сек; p — число пар полюсов. Поэтому число оборотов асинхронного двигателя в минуту при существующей стандартной частоте промышленного тока 50 пер/сек не может быть больше

$$n_{c\max} = \frac{50 \cdot 60}{1} = 3000.$$

Вследствие этого для получения больших чисел оборотов применяют ток повышенной частоты.

Повышение частоты тока до 200 пер/сек позволяет при двухполюсном асинхронном двигателе получить синхронную скорость, равную 12 000 об/мин. Благодаря этому значительно снижается вес электродвигателя и инструмента.

Электрифицированные инструменты

обеспечиваются электроэнергией от следующих источников тока:

а) инструменты с коллекторными универсальными двигателями получают питание от осветительной сети напряжением 220 в через распределительную сеть при помощи нормальных розеток;

б) инструменты с асинхронными двигателями с короткозамкнутым ротором и нормальной частотой тока (50 пер/сек), получают питание от силовой сети через специально оборудованную линию с трехфазными розетками;

в) инструменты с асинхронными двигателями с короткозамкнутым ротором и повышенной частотой тока (200 пер/сек) включаются в специальную сеть, получающую питание от специального агрегата — преобразователя частоты тока; включать их в обычную силовую сеть ни в коем случае нельзя.

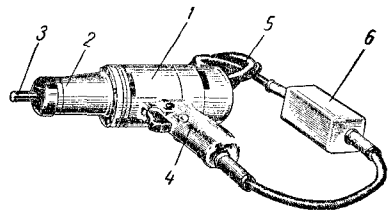
Электроинструмент при работе создает большие помехи радиоприему, поэтому он снабжается фильтрами для подавления радиопомех.

Электросверлилки по металлу

Электросверлилки по металлу предназначены для сверления отверстий в металле. Электросверлилки используют также для очистки поверхностей стальными щетками или мягкими кругами при полировании деталей.

Для интенсивного охлаждения обмоток электродвигателей сверлилок во время работы на валу ротора устанавливается крыльчатый вентилятор, обеспечивающий обмен воздуха через предусмотренные для этой цели в корпусе вентиляционные отверстия.

Электросверлилка И-90 (фиг. 18) служит для сверления отверстий диамет-



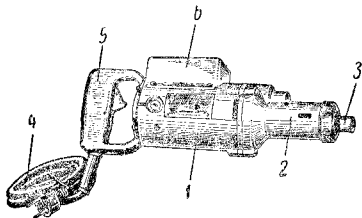
Фиг. 18. Электросверлилка И-90: 1 — корпус электродвигателя; 2 — корпус редуктора; 3 — шпиндель; 4 — рукоятка с выключателем; 5 — присоединительный кабель; 6 — фильтр подавления помех радиоприему.

тром до 8 мм в металле с пределом прочности 45 кг/мм².

Электросверлилка состоит из алюминиевого корпуса с встроенным в него электродвигателем коллекторного типа, корпуса редуктора, рукоятки с выключателем и присоединительного кабеля с однофазной вилкой.

Кабель электросверлилки включается в однофазную сеть переменного или постоянного тока напряжением 220 в с нормальной частотой тока 50 пер/сек.

Электросверлилка И-38Б (фиг. 19) предназначена для сверления отверстий



Фиг. 19. Электросверлилка И-38Б: 1 — корпус электродвигателя; 2 — корпус редуктора; 3 — шпиндель; 4 — присоединительный кабель с вилкой; 5 — рукоятка с выключателем; 6 — фильтр подавления помех радиоприему.

диаметром до 15 мм в металле с пределом прочности 45 кг/мм². Она используется также для очистки деталей стальными щетками и мягкими кругами при их полировании. При закреплении ее в специальном штативе электросверлилка И-38Б может быть использована в качестве стационарного настольного сверлильного станка.

Электросверлилка состоит из алюминиевого корпуса с встроенным в него электродвигателем коллекторного типа, работающим на переменном или постоянном токе нормальной частоты 50 пер/сек.

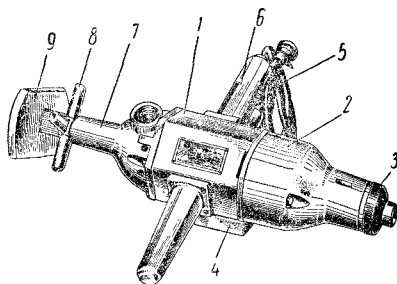
Редуктор сверлилки состоит из двух пар цилиндрических шестерен, понижающих обороты шпинделя.

Электросверлилка И-28А (фиг. 20) предназначена для сверления отверстий в металле диаметром до 20 мм.

Она имеет электродвигатель коллекторного типа, встроенный в алюминиевый корпус, и работает от переменного или постоянного тока нормальной частоты.

В связи с необходимостью при сверлении прилагать довольно большое усилие подачи, электросверлилка И-28А изготавливается с двумя боковыми ручками, в одну из которых вмонтирован выключатель, и снабжается грудным упором и винтом для осуществления подачи от жесткого неподвижного упора. Вращение от электродвигателя к шпинделю пере-

дается через редуктор, состоящий из трех пар цилиндрических шестерен. Валы сверлилки монтированы на шарикоподшипниках.



Фиг. 20. Электросверлилка И-28А: 1 — корпус электродвигателя; 2 — корпус редуктора; 3 — шпиндель; 4 — фильтр подавления помех радиоприему; 5 — присоединительный кабель с вилкой; 6 — рукоятка с выключателем; 7 — задняя крышка; 8 — крестовина для подачи сверла от жесткого упора; 9 — нагрудный упор.

36. Средняя производительность электросверлилок по металлу при сверлении стали с пределом прочности $\sigma_B \approx 50 \text{ кг/мм}^2$ [2]

Диаметр сверла в мм	Средняя производительность в мм/мин
5	32
8	30
12	25
20	25

37. Величина рабочего осевого давления при работе электросверлилки [2]

Диаметр сверла в мм	Осевое давление в кг	Диаметр сверла в мм	Осевое давление в кг
6	50	23	300
10	75	32	500
15	150	50	750

38. Скорости резания при работе электросверилками [2]

Обрабатываемый материал	Скорость резания в м/мин
Сталь с пределом прочности 45—50 кг/мм ²	20—30
Латунь	35—60
Легкие металлы (алюминий)	До 100

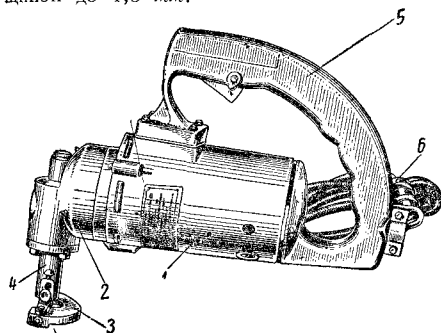
Электроножницы

Электроножницы предназначены для разрезания листового материала с пределом прочности до 45 кг/мм² и приме-

няются при кровельных, санитарно-технических и ремонтных работах.

Электроножницы имеют встроенный в алюминиевый корпус коллекторный универсальный электродвигатель, работающий как на переменном, так и на постоянном токе нормальной частоты.

Электроножницы И-30А (фиг. 21) рассчитаны на резку листовой стали толщиной до 1,5 мм.



Фиг. 21. Электроножницы И-30А: 1 — корпус электродвигателя; 2 — головка; 3 — улитка с неподвижным ножом; 4 — долбяк с подвижным ножом; 5 — рукоятка; 6 — присоединительный кабель с вилок.

Электродвигатель посредством зубчатой передачи вращает эксцентриковый вал, сообщающий возвратно-поступательное движение долбяку с укрепленным на нем ножом. Другой нож укреплен на стальной неподвижной детали, называемой улиткой. Требуемая величина зазора в зависимости от толщины разрезаемого листового материала достигается регулировкой неподвижного ножа.

Для разрезания листовой стали толщиной более 1,5 мм применяется другой тип электроножниц (фиг. 22), в которых применен принцип кривошипно-шатунного механизма.

Кривошипно-шатунный механизм создает значительно большие усилия, чем долбяк.

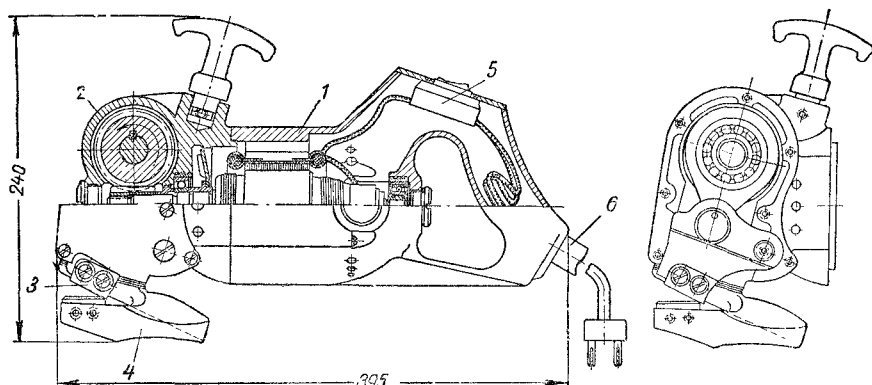
Электромолотки

Электромолотки предназначаются главным образом для пробивки отверстий (шлямбуром) при электромонтажных и санитарно-технических работах.

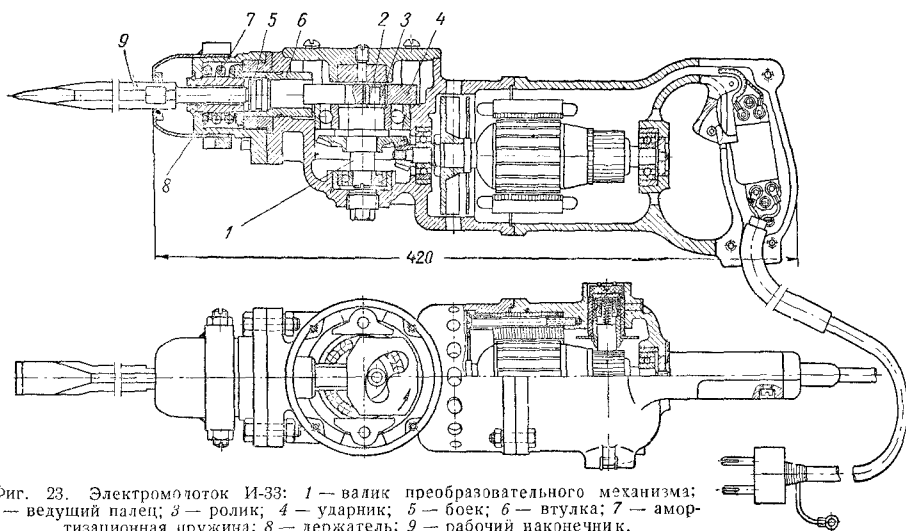
Конструкция электромолотка типа И-33 с коллекторным универсальным двигателем показана на фиг. 23.

Вращение вала электродвигателя при помощи пары конических шестерен передается валу 1, в котором эксцентрично закреплен палец 2 с посаженным на него роликом 3. Ролик служит для уменьшения трения пальца о ведомую им деталь. Ведущий палец вместе с роликом входит в фигурную прорезь, имеющуюся в ударнике 4. При движении ведущего пальца по описываемой им окружности он заставляет ударник совершать возвратно-поступательное движение. Конфигурация прорези такова, что при рабочем ходе скорость ударника возрастает от нуля до скорости, равной линейной скорости на окружности с радиусом, определенным расстоянием от центра валика 1 до внешней поверхности ролика 3.

При достижении этой максимальной скорости происходит свободный бросок ударника инерционными силами, кото-



Фиг. 22. Электроножницы И-31: 1 — корпус электродвигателя; 2 — корпус редуктора; 3 — рычаг с подвижным ножом; 4 — улитка с неподвижным ножом; 5 — рукоятка с выключателем; 6 — присоединительный кабель с вилок.



Фиг. 23. Электромолоток И-33: 1 — валик преобразовательного механизма; 2 — ведущий палец; 3 — ролик; 4 — ударник; 5 — боек; 6 — втулка; 7 — амортизационная пружина; 8 — держатель; 9 — рабочий наконечник.

рый и производит удар по бойку 5, после чего ролик захватывает ударник и ведет его назад для нового рабочего хода. Одному обороту ведущего пальца соответствует один рабочий ход ударника. При включении электродвигателя, пока отсутствует нажим на рабочий инструмент (зубило, шлямбур), ударник не достигает бойка 5 и своими боковыми запечиками производит удары по направляющей втулке 6, которые амортизируются сильной пружиной 7, прижимающей втулку к корпусу.

При нажмe на инструмент (зубило, шлямбур) последний своим выступающим концом сближает боек 5 с ударником 4, и электромолоток переходит на рабочий режим.

Так как удар по инструменту происходит при свободном ходе ударника, шестерни, корпус и другие детали молотка не ощущают резких и сильных толчков, благодаря чему обеспечивается надежность и долговечность механизма в работе.

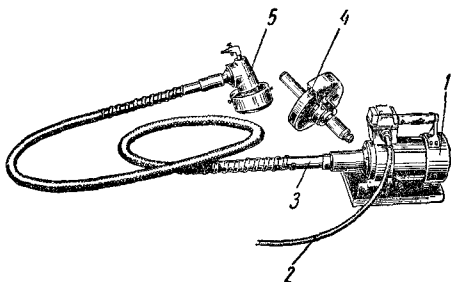
Для обеспечения от выпадения рабочего инструмента из предназначенного для него гнезда предусмотрен держатель 8, выполненный в виде колпачка с прорезью для прохода инструмента.

Средняя производительность электромолотка И-33 при пробивке шлямбуром отверстий диаметром 22 мм [2]: в красном кирпиче 93 мм/мин, в силикатном кирпиче 108 мм/мин, в бетоне 73 мм/мин.

Электрошлифовальные машины

Шлифовальные машины находят себе применение для шлифования и полирования, а также используются для очистки металлических поверхностей от ржавчины и старой краски, зачистки сварных швов и тому подобных работ.

Электрошлифовальная машина И-54А состоит из алюминиевого корпуса с встроенным в него асинхронным электродвигателем с короткозамкнутым ротором.



Фиг. 24. Электрошлифовальная машина И-54А: 1 — электродвигатель; 2 — присоединительный кабель; 3 — гибкий вал; 4 — сменная головка прямая; 5 — сменная головка угловая.

Электродвигатель работает от переменного трехфазного тока нормальной частоты (50 пер/сек) и напряжением 220 в. Мощность электродвигателя 1 кВт (фиг. 24).

Шлифовальная машина имеет две сменные головки, одна из которых прямая, с наибольшим диаметром шлифовального круга 200 мм, работающим периферией круга, другая — угловая, с наибольшим диаметром круга 125 мм, работающим торцом круга.

Шлифовальный круг сменных головок получает вращение от электродвигателя посредством гибкого вала и имеет следующие числа оборотов: с прямой головкой 2785, с угловой головкой 4000.

Диаметр гибкого вала 12 мм; длина с соединительными наконечниками 3600 мм.

Преимущества указанной шлифовальной машины заключаются в удобстве пользования головками при выполнении зачистных или шлифовальных работ. Рабочему не приходится держать в руках тяжелый корпус электродвигателя, устанавливаемый обычно на полу цеха в пределах длины гибкого вала. Ему приходится оперировать только с легкими сменными головками весом, не превышающим 1,5—2 кг.

Укрепления головки в приспособлениях, можно применять их для шлифовальных работ при ремонте станочного оборудования.

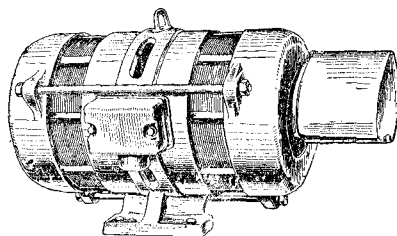
39. Техническая характеристика электрошлифовальной машины И-66

Наибольший диаметр шлифовального круга в мм	175
Электродвигатель	Асинхронный, короткозамкнутый, трехфазный
Род тока	Переменный, трехфазный
Напряжение в в:	
первичное	380/220
вторичное	$36 \pm 10\%$
Частота тока в пер/сек	200
Номинальная мощность в кВт	0,8
Число оборотов шлифовального круга в минуту	3200
Габаритные размеры в мм:	
длина	530
ширина	215
высота	6,2
Вес в кг	Ярославский завод „Красный маяк“
Изготовитель	

Преобразователи частоты тока

Преобразователи предназначены для повышения частоты и понижения напряжения электрического тока и применяются для питания электроэнергией ручного электрифицированного инструмента с электродвигателями повышенной частоты.

Преобразователь типа И-75Б состоит из электродвигателя и асинхронного генератора, роторы которых имеют общий вал, а статоры расположены в общем корпусе (фиг. 25).



Фиг. 25. Преобразователь частоты тока И-75Б.

Ротор асинхронного генератора имеет фазовую обмотку. Коллектором являются три медных кольца, с которых при помощи щеткодержателей снимается электрический ток повышенной частоты.

Обмотка асинхронного генератора рассчитывается таким образом, чтобы при синхронном числе оборотов вала 3000 в минуту и при нормальной частоте тока питания катушек обмотки статоров 50 пер/сек в роторе асинхронного генератора возбуждалась частота тока, равная 200 пер/сек.

40. Техническая характеристика преобразователя частоты тока И-75Б

Род тока	Переменный, трехфазный
Напряжение в в:	
первичное	380/220
вторичное	$36 \pm 10\%$
Частота тока (синхронная) в пер/сек:	
первичная	50
вторичная	200
Число оборотов вала в минуту:	
синхронное	3000
под нагрузкой	2800
Мощность в кВт:	
потребляемая	5,5
отдаваемая	4
Габаритные размеры в мм:	
длина	608
ширина	282
высота	340
Вес в кг	62
Изготовитель	Выборгский завод „Электроинструмент“

Основные неисправности электрифицированного инструмента

Ручной электроинструмент требует систематического ухода и контроля за его

состоянием и работоспособностью. Периодическая разборка и профилактический осмотр деталей, в особенности редуктора, его промывка и смазка удлинняют срок службы электроинструмента и обеспечивают безотказность в работе.

Наиболее требовательны к уходу электроинструменты, построенные на базе коллекторного универсального двигателя. Уязвимым местом в этом инструменте является электродвигатель (коллектор, пружины щеток, щетки, а также редукторная часть инструмента), на который вместе с охлаждающим воздухом попадают и загрязнения.

Основные неисправности электроинструмента и их причины приведены в табл. 41.

41. Основные неисправности электроинструмента и их причины

Неисправности	Возможные причины
При включении электроинструмента двигатель не работает	Сняты или сгорели предохранители Неисправен выключатель Нет контакта щеток с коллектором из-за ослабления пружин; загрязнения коллектора
При включении электродвигателя трехфазного тока слышен сильный гул, причем двигатель не вращается или вращается очень медленно	Нет напряжения в одной из фаз электродвигателя или сгорел предохранитель (у одной из фаз) Неисправен выключатель
Ненормально греется корпус электродвигателя	Электроинструмент сильно перегружен Обмотка двигателя отсырела Электроинструмент неправильно собран
Сильно греется корпус редуктора	Отсутствует или загрязнилась смазка
При прикосновении к электроинструменту бьет током	Произошло замыкание токоведущих частей на корпус при отсутствии заземления
Электродвигатель работает, но сильно искрит коллектор	Плохой контакт между щетками и коллектором

Техника безопасности при работе электроинструментом

При работе с электроинструментом должны выполняться следующие основные требования техники безопасности, являющиеся общими для всех видов и типов электроинструментов, работающих на напряжении тока выше 40 в.

1. Категорически запрещается производить работу электроинструментом без его заземления, а в сетях с заземленной нейтралью — без зануления.

2. Приступая к работе, необходимо убедиться в полной исправности электроинструмента и в надежном закреплении рабочего наконечника или режущего инструмента.

3. При включенном электродвигателе запрещается производить его регулирование, устранять неисправности и т. п. При всяком ремонте необходимо отсоединять питающий кабель от сети.

4. Электродвигатель всегда следует включать только перед началом самой операции, производимой электроинструментом, и выключать при любом перерыве в ее исполнении.

5. Постоянно следить за исправным состоянием изоляции питающего инструмент кабеля и не допускать его резких перегибов и перекручиваний.

6. Не допускается прокладывание питающего кабеля прямо по полу цеха через места прохождения внутривозовского транспорта (вагонеток, электрокар). Кабель должен быть обязательно надежно подвешен на всем протяжении их проезда.

7. При переходе с электроинструментом с одного рабочего места на другое нельзя допускать натяжение питающего кабеля во избежание его обрывов.

8. Нельзя оставлять без надзора электроинструмент, присоединенный к электросети.

9. Не допускается работа с электроинструментом со снятым предохранительным кожухом, если он предусмотрен конструкцией.

Электроинструменты, рассчитанные на включение в сеть низкого напряжения (до 40 в), заземляющих устройств не требуют.

Пневматический инструмент

Пневматические ручные инструменты, применяемые при ремонте и монтаже оборудования, по своей конструкции разделяются на инструменты ударного дей-

ствия, инструменты ударно-вращательного действия, инструменты вращательного действия и инструменты давящего действия.

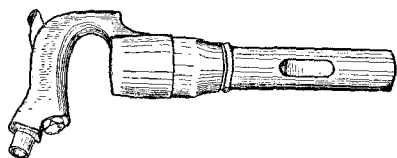
Пневматические инструменты ударного действия

К инструментам ударного действия относятся клепальные и чеканочные молотки, ломы-лопаты, бетоноломы, трамбовки, шпалоподбойки и другие ручные пневматические инструменты.

Пневматические инструменты ударного действия по системе воздухораспределения разделяются на беззолотниковые с саморегулирующим поршнем, с золотниковым воздухораспределением и с клапанным воздухораспределением.

Наибольшее распространение имеют пневматические инструменты с золотниковым воздухораспределением, являющимся наиболее надежным и обеспечивающим безотказную работу пневматического инструмента.

Пневматические клепальные молотки. Пневматические молотки предназначены для рубки металла, срубания старых заклепок и др., заклепывания новых заклепок в холодном и в горячем их состоянии, а также для чеканочных и других работ.



Фиг. 26. Пневматический клепальный молоток.

Основными конструктивными элементами клепального молотка являются рукоятка с механизмом управления впуска сжатого воздуха, ствол, поршень-боек и золотниковое или клапанное воздухораспределение (фиг. 26).

42. Техническая характеристика пневматических клепальных молотков для заклепок от 2 до 6 мм при холодной клепке [2]

Тип или марка	Диаметр заклепки в мм	Давление воздуха в сети в ат	Работа одного удара в кг/м	Расход воздуха в м³/мин	Число ударов молотка в минуту	Диаметр шланга в свету в мм	Полная длина молотка в мм	Полный вес в кг
2КМ	2-3	5,0	0,05-0,1	0,2-0,3	4000	8	250	1,3
УМ-1	2-3	5,0	0,05-0,1	0,15-0,2	5500	8	250	1,4
М-1	2-3	5,0	0,05-0,1	0,2-0,3	3000	8	200	1,0
2КМ-Р	2-3	5,0	0,05-0,1	0,2-0,3	3800	8	170	1,0
5КМ	3,5-5	5,0	0,2-0,3	0,2-0,3	2200	8	210	1,7
5КМП	3,5-5	5,0	0,2-0,3	0,2-0,3	2600	8	140	1,85
4КМ	3,5-5	5,0	0,2-0,3	0,3-0,4	2600	10	280	2,8
КБ-5	3,5-5	5,0	0,2-0,3	0,5	2300	10	270	1,9
МА-1	3,5-5	5,0	0,2-0,3	0,4-0,5	3700	10	205	2,4
МА-1К	3,5-5	5,0	0,2-0,3	—	—	—	220	1,3
МЗ	5-6	5,0	0,5-0,7	0,6	2500	13	235	2,8
МА-3	5-6	5,0	0,5-0,7	0,5	2600	13	280	3,8

Примечание. Применяются в авиационной промышленности при холодной клепке в любом положении и в весьма стесненных местах.

43. Техническая характеристика пневматических клепальных молотков Томского электромеханического завода имени В. В. Вахрушева [2]

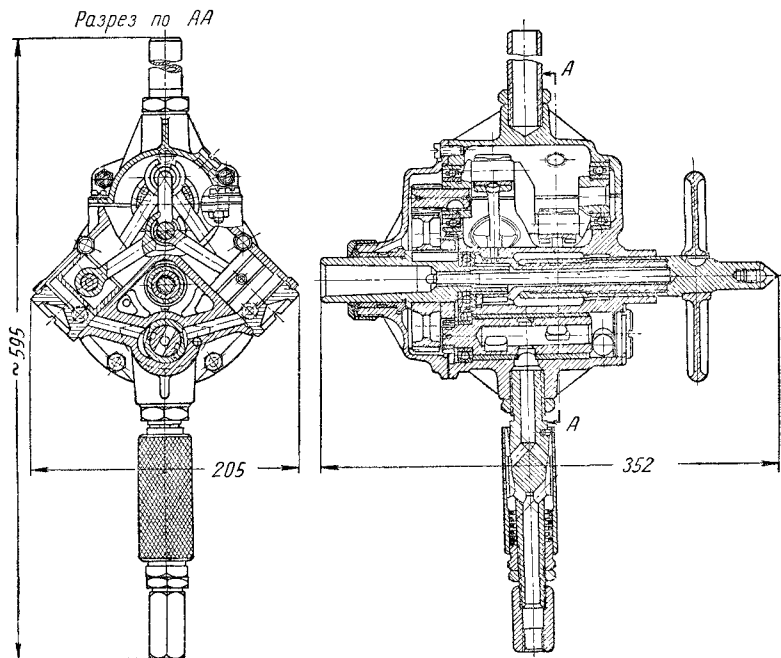
Тип или марка	КЕ-46	КЕ-19	КЕ-22	КЕ-28	КЕ-32
Наибольший диаметр заклепки в мм	16	19	22	28	32
Длина без наконечника в мм	309	361	411	461	511
Давление воздуха в сети в ат	5	5	5	5	5
Расход воздуха в м³/мин	1	1	1	1	1
Работа одного удара в кг/м	2	2,5	3,3	4,1	5,4
Мощность в л. с.	0,84	0,85	0,88	0,91	0,94
Поршень-боек:					
длина в мм	78	98	108	120	128
диаметр в мм	30	30	30	30	30
длина хода в мм	73	108	145	182	228
вес в кг	0,4	0,45	0,55	0,6	0,65
Число ударов молотка в минуту	1900	1500	1100	950	800
Диаметр шланга в свету в мм	16	16	16	16	16
Вес в кг	8	9	9,5	11	12

Поступающий в ствол молотка по резиновому шлангу сжатый воздух заставляет поршень-боек стремительно двигаться вперед и ударять по выступающему в ствол хвостовику рабочего инструмента (зубилу или обжимке). Возвратное движение поршень-боек совершает под действием воздухораспределительной системы, автоматически переключающей поступление сжатого воздуха под поршень-боек то с одной, то с другой его стороны.

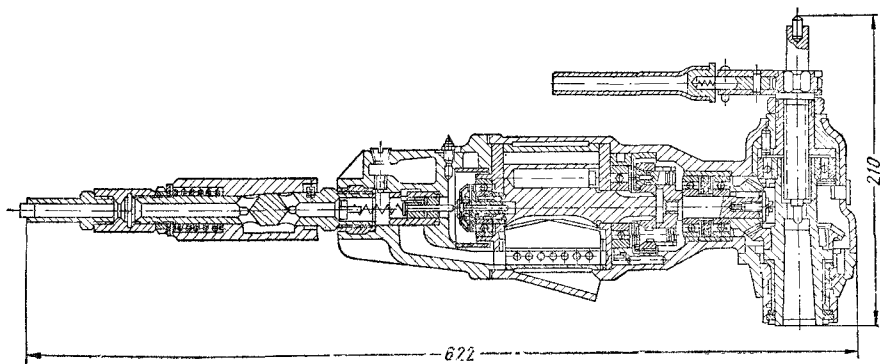
Пневматические инструменты вращательного действия

Инструменты вращательного действия нашли широкое применение как в ремонте оборудования, так и в других областях металлообрабатывающей промышленности. Они применяются:

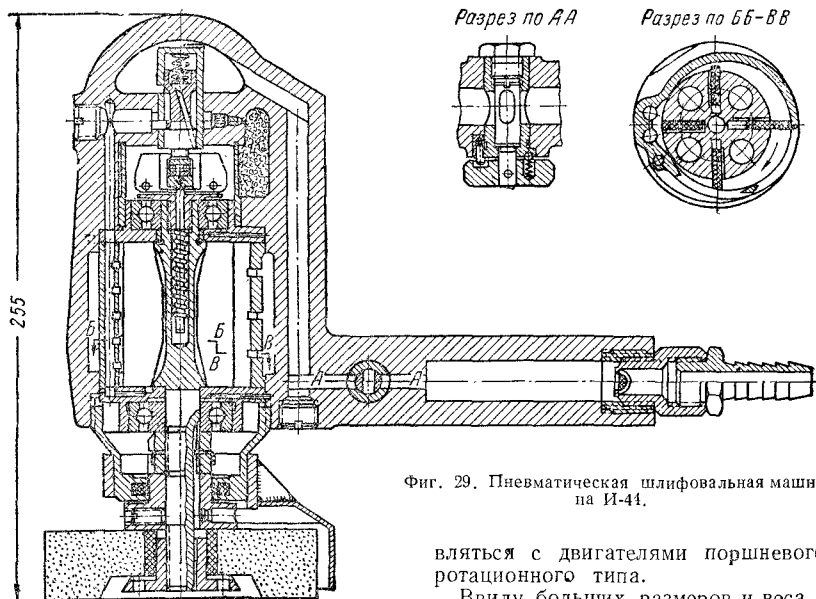
1) при сверлении отверстий (фиг. 27 и 28) в недоступных для стационарных сверлильных станков местах станин, или металлических конструкций;



Фиг. 27. Пневматическая поршневая сверлильная машина.



Фиг. 28. Пневматическая угловая машина И-69.

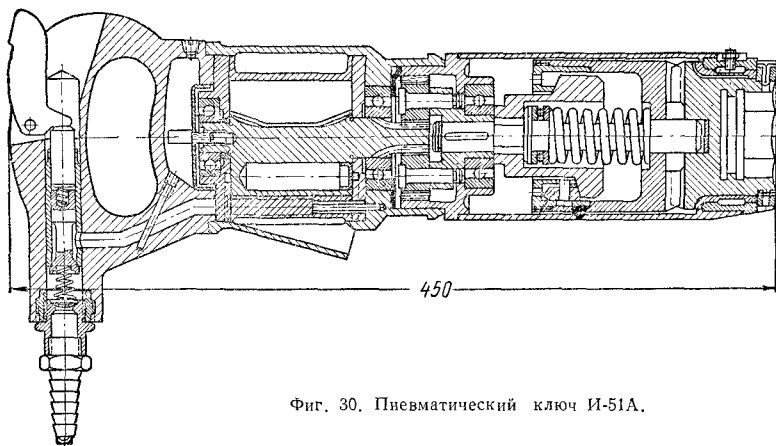


Фиг. 29. Пневматическая шлифовальная машина И-41.

2) при шлифовании направляющих станин, столов, кареток, суппортов и тому подобных деталей (фиг. 29); при помощи специальных для них приспособлений;

вляться с двигателями поршневого или ротационного типа.

Ввиду больших размеров и веса поршневых двигателей, в значительной степени утяжеляющих ручной инструмент, двигатели поршневого типа в последние годы промышленностью серийно не изготавливаются и полностью вытеснены двигате-



Фиг. 30. Пневматический ключ И-51А.

3) при закручивании болтов, гаек, винтов, шурупов (фиг. 30) в массовом и серийном производстве и в других промышленных целях.

Пневматические ручные инструменты вращательного действия могут изгото-

вляться с двигателями поршневого или ротационного типа, оправдавшими себя как по простоте своей конструкции и малому весу, так и по производительности и безотказности в работе.

Двигательной силой для пневматического ручного инструмента служат ста-

ционерные промышленного типа или передвижные компрессоры давлением сжатого воздуха от 5 до 7 кг/см².

44. Техническая характеристика пневматических сверлильных машин

Тип или марка	И-34А	И-69 (угловая)
Наибольший диаметр сверления в мм	32	32
Наибольший диаметр развертки в мм	25	25
Число оборотов шпинделя в минуту:		
при холостом ходе	350	350
под нагрузкой	270	270
Наибольшая глубина сверления в мм	85	60
Потребное давление воздуха от сети в ат	5—6	5—6
Мощность двигателя в л. с.	2	2
Габаритные размеры в мм:		
длина	790	622
ширина	130	119
высота	455	210
Вес в кг	14	13,5
Изготовитель	Свердловский завод „Пневмостроймашина“	

45. Техническая характеристика шлифовальной машины И-44

Наибольший диаметр шлифовального круга в мм	125
Число оборотов шпинделя в минуту	4500
Мощность двигателя в л. с.	0,3
Потребное давление воздуха в сети в ат	5—6
Расход воздуха в л ³ /мин	1
Диаметр шланга в свету в мм	13
Габаритные размеры в мм:	
длина	405
ширина	240
высота	255
Вес в кг	5
Изготовитель	Свердловский завод „Пневмостроймашина“

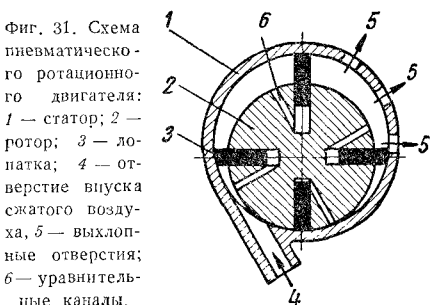
46. Техническая характеристика пневматических ключей И-51А и И-96

Тип или марка	И-51А (прямой)	И-96 (угловой)
Продолжительность завертывания гайки в сек.	10—15	15—20
Число ударов в минуту	500—700	800
Мощность двигателя в л. с.	1,34	1,34
Наибольший крутящий момент на ключе в кгм	60	80
Потребное давление воздуха в сети в ат	4,5—6	4—5
Расход воздуха в л ³ /мин	1,72	До 2
Диаметр шланга в свету в мм	16	16
Общая длина в мм	500	535
Вес в кг	16,5	14
Изготовитель	Свердловский завод „Пневмостроймашина“	

Принцип работы ротационных двигателей

Простота и надежность конструкции ротационных двигателей дали возможность их широкого применения в ручных пневматических инструментах.

Ротационный двигатель пневматического инструмента (фиг. 31) состоит из статора 1 (корпус машины), в котором эксцентрично расположен ротор 2, имеющий радиальные пазы для помещения в них лопаток 3, изготавливаемых из текстолита или древесно-слоистого пластика марки ДСП-Б или ДСП-В по ГОСТ 5704-51.



Лопатки ротора свободно (в пределах допусков) перемещаются в радиальных пазах и при вращении вследствие центробежной силы всегда прижаты своим торцом к внутренней поверхности статора. Кроме того, радиальные пазы ротора в своем основании имеют еще дополнительные каналы 6, через которые поступающий в них сжатый воздух через канал 4 производит дополнительное прижатие лопаток к внутренней поверхности статора.

Сжатый воздух, поступающий через канал 4 в полость между двумя соседними лопатками и прижимая последнюю к внутренней поверхности статора, заставляет ротор повернуться и включить в работу другую пару лопаток.

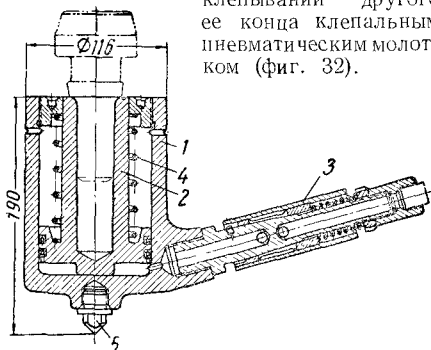
Сжатый воздух, поступивший ранее, вследствие своего расширения будет совершать дополнительную работу до тех пор, пока не достигнет выхлопного отверстия 5, сообщаемого с атмосферой. Чтобы при дальнейшем вращении ротора воздух, находящийся между лопатками, не сжимался и не создавал тормозящего действия, выходные отверстия по их количеству рассчитываются на полное освобождение полостей между лопатками от сжатого воздуха.

47. Техническая характеристика пневматических поддержек [3]

Тип или марка	И-48	И-70	И-80	ИГ-80
Общая длина в сдвинутом состоянии без обжимки в мм	135	230	330	135
Ход обжимки в мм	77	110	160	39
Диаметр заклепки в мм	32	32	30	30
Давление поршня в мм	90	90	80	80
Давление поршня на заклепку в кг	290—350	290—350	300	300
Давление воздуха в ат	5—6	5—6	5—6	6
Диаметр шланга в свету в мм	13	13	13	13
Конструктивные особенности	Нормальная	Эксцентричная	Нормальная	Укороченная
Вес в кг	8	7,5	11	6,2

Пневматические инструменты давящего действия

К числу пневматического инструмента этого типа относятся пневматические поддержки. Они служат для поддержания заклепки со стороны закладной головки во время клепки от выпадения, при расклепывании другого ее конца клепальным пневматическим молотком (фиг. 32).



Фиг. 32. Пневматическая поддержка И-48: 1 — корпус; 2 — поршень; 3 — муфта пускового устройства; 4 — пружина; 5 — упорный центр.

Пневматическая поддержка состоит из корпуса 1, поршня 2 и пускового устройства 3.

При повороте муфты 3 направо сжатый воздух из сети через шланг поступает под поршень 2, который вместе со вставленной в него обжимкой поднимается, сжимает пружину 4 и производит давление на закладную головку заклепки.

При повороте муфты 3 налево выпуск сжатого воздуха под поршень прекращается, а полость под поршнем соединяется с атмосферой.

Сжатая пружина после снятия давления на поршень приводит его в первоначальное положение, вытесняя сжатый воздух.

Для работ в тесных местах поддержки изготавливаются со смещением относительно корпуса поддержки упорного центра и отверстия для вставления обжимок.

Техника безопасности при работе пневматическим инструментом [1]

При работе с пневматическим инструментом необходимо соблюдать следующие правила по технике безопасности:

- 1) к работе с пневматическим инструментом допускать только лиц, прошедших инструктаж и обучение в обращении с ним;
- 2) перед началом работ надевать защитные очки;
- 3) работу производить в рукавицах;
- 4) сжатый воздух из сети включать только после присоединения резинового шланга к инструменту;
- 5) пневматический инструмент не включать в работу без рабочего наконечника;
- 6) при длительных перерывах в работе не оставлять в пневматическом инструменте рабочий наконечник;
- 7) не отсоединять шланг при незакрытом доступе в него сжатого воздуха;
- 8) по окончании работы закрыть доступ сжатого воздуха из сети и отсоединить пневматический инструмент от воздухопровода.

ОБЩЕСЛЕСАРНЫЕ, СЛЕСАРНО-РЕМОНТНЫЕ И СБОРОЧНЫЕ РАБОТЫ

Разборка машин при ремонте

Организация работ по разборке. Разборке поступающей в ремонт машины должны предшествовать осмотр и фиксирование всех дефектов, выявившихся в процессе ее эксплуатации. Перед разборкой металлорежущего станка следует проверить его на точность и определить характер нарушения основных координат. Выявлению дефектов машины помогает опрос производственного персонала (рабочих, мастеров).

Разборка должна производиться по узлам. Узлы необходимо снимать со

станины по возможности нерасчлененными.

Если отсутствует кинематическая схема машины, в процессе разборки ее следует составить. При разборке сложной машины, конструкция которой незнакома, параллельно с составлением кинематической схемы должна составляться и сборочная схема всей машины в целом или отдельных наиболее сложных ее узлов.

В процессе разборки производится составление ведомости дефектов (ремонтной ведомости).

Клеймение деталей. При разборке узлов производится клеймение (метка) деталей. Клеймение применяется с целью установки детали при сборке на свое место и фиксации правильного взаим-



Фиг. 33. Клеймение взаимно строго фиксируемых деталей.

ного положения сопрягающихся деталей (профильных кулачков, эксцентриков, зубчатых колес, муфт и т. п.).

Существуют следующие способы клеймения деталей: стальным клеймом (буквами, цифрами и кернением), электрографом или электроштихелем, кислотным клеймом и краской.

Первым способом пользуются в тех случаях, когда деталь имеет достаточно большую нерабочую поверхность для клеймения, не закалена и не может деформироваться от удара при клеймении.

Электрографом или электроштихелем можно клеймить и закаленные стальные детали.

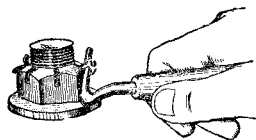
Кислотное клеймо наносится с помощью резинового штампа, смачиваемого кислотой. Во избежание корродирования детали кислота после 2-минутной выдержки должна быть снята с детали с помощью фильтровальной бумаги, после чего поверхность детали нейтрализуют, обтирая ее ветошью, смоченной 10%-ным раствором кальцинированной соды.

Сопряженные детали могут клеймиться также с помощью краски. Такое клеймо может наноситься даже на рабочую поверхность детали.

В процессе сборки краска смывается соответствующим растворителем (бензин, ацетон).

Клеймо, наносимое лишь для правильной «адресовки» деталей, может быть поставлено произвольно. Если же важно выдержать точное взаимное положение деталей, клеймо должно ставиться так, чтобы оно это положение определяло (фиг. 33).

Удаление шплинтов и штифтов. Шплинты удаляются легче всего при помощи специального инструмента — шплинтодера (фиг. 34). При невозможно-

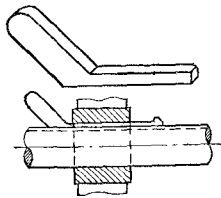


Фиг. 34. Шплинтодер.

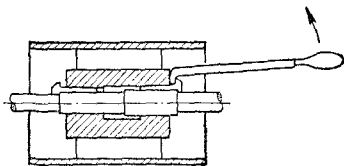
сти вытащить шплинт последний срывается зубилом, а остатки его удаляются плоскогубцами или выколоткой.

Штифты с резьбовым концом удаляются наворачиванием гайки на резьбовую часть штифта. Штифты, установленные в сквозных отверстиях, выбиваются с помощью выколотки. При выбивании конических штифтов необходимо следить, чтобы удары по штифту наносились со стороны меньшего диаметра конуса.

Разборка шпоночных соединений. Клиновая закладная шпонка при доступе к ней со стороны торца извлекается путем ее выталкивания (фиг. 35). В других случаях клиновые шпонки извлекают с помощью приспособления, показанного на фиг. 36, или, когда головка шпонки свободна, специальным приспособле-



Фиг. 35. Выталкивание шпонки ударами со стороны меньшего сечения.



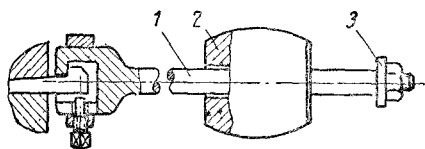
Фиг. 36. Извлечение клиновой шпонки.

нием, конструкция которого приведена на фиг. 37. Смещение шпонки в гнезде

48. Характеристика универсальных съемников

Диаметр обхвата в мм		Максимальная высота обхвата в мм	Максимальный ход винта в мм	Габарит в мм	Вес в кг
максимальный	минимальный				
80	40	100	160	140×230×350	5,8
150	62	110	170	150×270×400	8,5
250	120	140	250	230×370×500	10,5

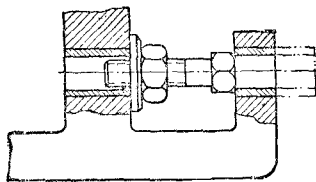
достигается в данном случае в результате ударов груза, перемещаемого по штанге, об упор.



Фиг. 37. Приспособление для извлечения клиновидной шпонки: 1 — штанга; 2 — груз; 3 — упор.

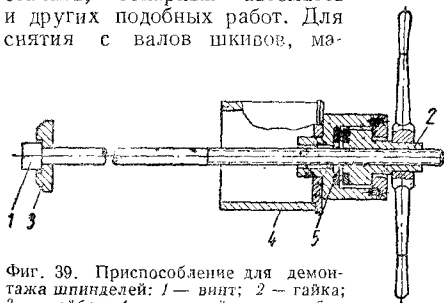
Разборка тугих соединений. В ремонтной практике применяются следующие способы демонтажа тугопосаженных деталей: демонтаж ударами молотка или кувалды; распрессовка под прессом. Наиболее подходящим оборудованием для распрессовки соединений с большим натягом являются гидравлические прессы. Возможно также производить демонтаж с помощью съемников. Этот метод более универсален, так как съемники могут быть применены и тогда, когда нельзя применить прессы. Простейшим съемником является болт с гайкой. Болтом с гайкой нередко пользуются как примитивным домкратом (фиг. 38). Одна

из конструкций съемника для демонтажа тугопосаженных деталей приведена на



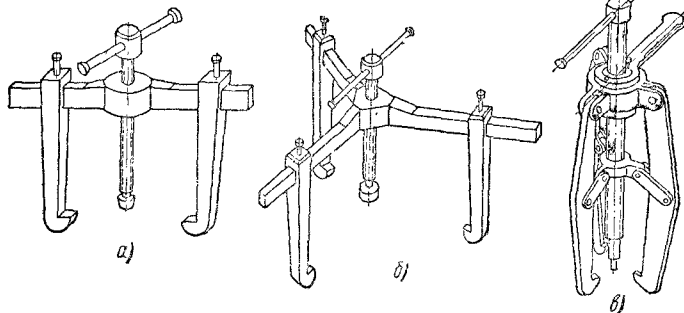
Фиг. 38. Использование болта и гайки в качестве домкрата.

фиг. 39. Такие съемники используются для демонтажа шпинделей револьверных станков, токарных автоматов и других подобных работ. Для снятия с валов шкивов, ма-

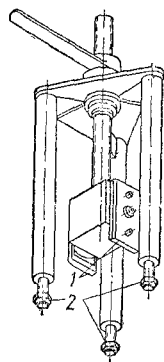


Фиг. 39. Приспособление для демонтажа шпинделей: 1 — винт; 2 — гайка; 3 — шайба; 4 — сменный стакан; 5 — упорный шарикоподшипник.

ховиков и т. п. используются двулапые и трехлапые съемники различных конструкций и размеров (фиг. 40). Основные данные универсального съемника, показанного на фиг. 40, приведены в табл. 48. На фиг. 41 приведен трехлапый специальный съемник для демонтажа осей ходовых



Фиг. 40. Съемники: а — двулапый; б — трехлапый; в — универсальный.

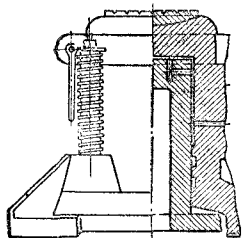


Фиг. 41. Специальный съемник для демонтажа осей ходовых колес мостовых кранов: 1 — захватывающие губки; 2 — упоры.

колес мостовых кранов. Ось захватывается губками 1, которые могут быть установлены на различные диаметры осей. Упорами 2 съёмник упирается в швеллер концевой балки крана

Когда не удастся сдвинуть тугопосаженную деталь с места с помощью съёмника, по ней наносят удары молотком или кувалдой, что вместе с усилием, создаваемым съёмником, позволяет добиться смещения детали.

Для распрессовки могут применяться гидравлические домкраты (фиг. 42). Они



Фиг. 42. Гидравлический домкрат.

позволяют создавать усилие распрессовки до 500 т при сравнительно небольших размерах домкрата. Для применения домкрата надо иметь достаточно жесткую опору под его основанием.

Приведенные способы демонтажа могут применяться как без подогрева охватываемой детали, так и с подогревом ее нагретым маслом, паром или открытым огнем.

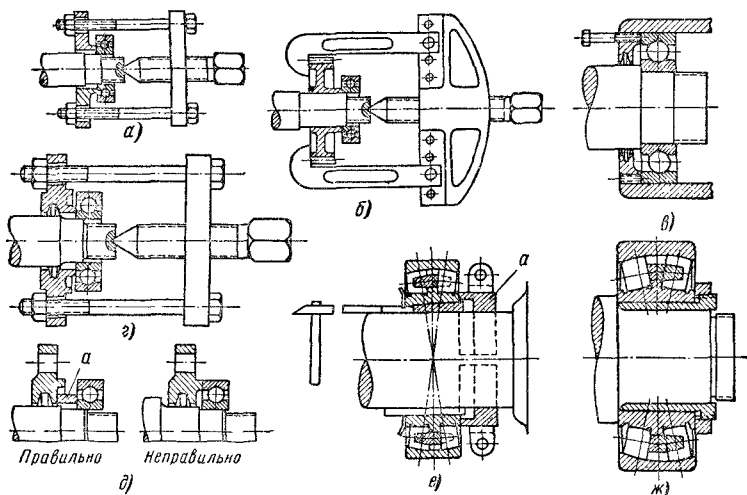
При подогреве должны приниматься меры к тому, чтобы подогревалась только охватываемая деталь. Подогрев охватываемой детали надо вести как можно интенсивнее, с тем чтобы охватываемая деталь не успела нагреться и расшириться.

Если соединение не поддается разборке, полезно опустить соединенные детали в сосуд с керосином или, если это невозможно, постараться ввести керосин в соединение с помощью шприца или смоченных в керосине концов. Воздействие керосина в течение 8—10 час. облегчает операцию разборки соединения.

Демонтаж подшипников качения. При демонтаже подшипников качения усилие надо прилагать к тугопосаженному кольцу подшипника.

На фиг. 43, а показано приспособление, которое может применяться во всех случаях, когда за снимаемым подшипником имеется достаточное место для размещения хомута.

При демонтаже подшипников, смонтированных рядом с другой съемной деталью (шкив, шестерня и пр.), можно использовать эту деталь вместо хомута, применив двулапый съёмник (фиг. 43, б).



Фиг. 43. Способы демонтажа подшипников качения: а — съёмник с хомутом; б — снятие подшипника вместе с деталью узла; в — выпрессовывание подшипника с помощью болтов; г — снятие подшипника с помощью крышки корпуса; д — использование промежуточного кольца для снятия подшипника; е — демонтаж подшипника на закрепительной втулке; ж — демонтаж подшипника на буксовых втулках.

Для выпрессовки подшипников качения из корпуса, если в последнем нет специальных пазов для ввода в них лап съемника, применяют болты, ввертываемые в сквозные нарезанные отверстия (фиг. 43, в).

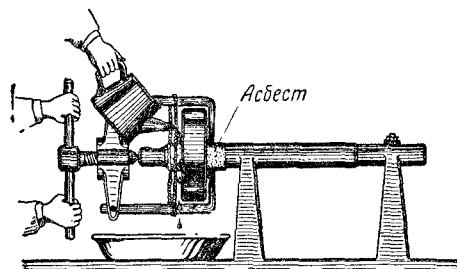
Для снятия подшипника с вала пользуются крышками подшипника (фиг. 43, г), играющими роль кольца съемника. Если крышка упирается в наружное кольцо и не соприкасается с внутренним кольцом, между подшипником и крышкой вставляют специальное разъемное кольцо *а* (фиг. 43, д).

Демонтаж подшипников на крепежных и буксовых втулках сводится к выпрессовке втулок из подшипников.

Для демонтажа подшипников на крепежных втулках с задней стороны подшипника укрепляется специальная упорная шайба *а* (фиг. 43, е). После этого отверстие закрывается закрепительная гайка, снимается шайба, и легкими ударами молотка по медной выколотке закрепительная втулка выбивается из подшипника.

При демонтаже подшипников на буксовых втулках снимают закрепительную гайку и шайбу, затем при помощи гайки, которая наворачивается на свободный снабженный резьбой конец втулки, вытягивают буксовую втулку из подшипника (фиг. 43, ж).

В случаях, когда подшипник запрессован на вал с большим натягом, демонтаж его производится с предварительным подогревом (маслом, нагретым до 90—100° С). Схема демонтажа подшипников с подогревом приведена на фиг. 44. Перед подо-



Фиг. 44. Демонтаж подшипника с применением подогрева маслом.

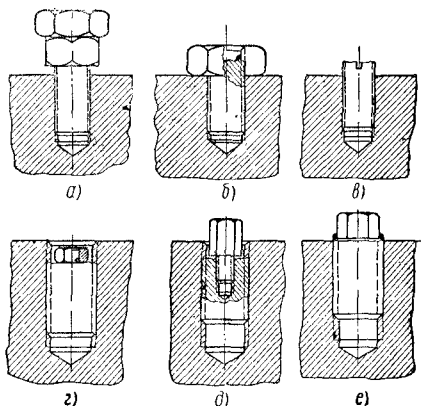
гревом подшипника необходимо установить съемник и создать некоторый натяг. Вал в местах примыкания к подшипнику должен быть изолирован асбестом или картоном. Горячее масло при помощи лейки подается на подшипник до тех пор,

пока последний не начнет смещаться вдоль вала.

Демонтированные годные подшипники должны быть промыты, смазаны и завернуты в бумагу.

Удаление сломанных болтов, винтов и шпилек. Для удаления сломанных болтов, винтов и шпилек применяются следующие способы:

1. Если сломанная шпилька или болт выступают над плоскостью детали, то на выступающую часть наворачивают гайку и контргайку и вывертывают остаток шпильки или болта (фиг. 45, а.)



Фиг. 45. Способы удаления сломанных шпилек.

2. Если резьбовой конец шпильки не имеет достаточной длины и накрутить на нее гайку не удастся, тогда прибегают к помощи электросварки и приваривают гайку к шпильке (фиг. 45, б).

3. Когда место обрыва находится на уровне плоскости детали или ниже нее, то на торце сломанной шпильки или болта вырубается шлиц (фиг. 45, в). При помощи отвертки сломанная шпилька удаляется. В случае излома на уровне плоскости накладывают на торец излома гайку и приваривают ее изнутри (фиг. 45, г). Если диаметр болта или шпильки достаточно велик, то вместо гайки можно приварить шестигранный или квадратный стержень (фиг. 45, е).

Сломанные шпильки и болты могут быть удалены также и следующими способами:

1. В теле сломанной шпильки сверлится отверстие, равное примерно половине ее диаметра, в котором нарезают резьбу, обратную по направлению основной резьбе. В нарезанное отверстие вверты-

вают болт или нарезанный конец шестигранника и при помощи ключа вывертывают сломанный конец (фиг. 45, д). Можно также в просверленное в шпильке отверстие забить трехгранный закаленный стержень и, вращая его ключом, вывернуть сломанную шпильку (болт).

2. Высверливают сломанную часть шпильки или болта так, чтобы не испортить резьбы в детали. Сверлят в несколько приемов, вначале сверлами малого диаметра.

Если болт (шпилька) закален, его следует сначала отжечь, нагревая пламенем горелки или паяльной лампы, а затем удалить одним из приведенных способов.

При наличии на заводе станков для электроискровой обработки они могут быть использованы для удаления сломанных закаленных шпилек или болтов без их отжига. Инструментом может служить латунная трубка или латунный стержень, по размеру несколько меньше (на 1—2 мм) внутреннего диаметра резьбы.

Электроискровым методом в теле сломанного болта (шпильки) может быть образовано трехгранное отверстие. Инструментом в этом случае является трехгранный латунный электрод. Сломанный болт извлекается вывертыванием с помощью трехгранного ключа соответствующего размера*.

Для тех же целей может быть применена обработка ультразвуком.

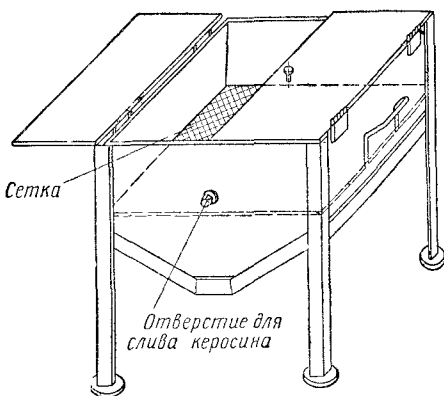
Промывка деталей. При ремонте оборудования применяются следующие способы промывки деталей: промывка вручную, промывка в баках и промывка в моечных камерах и машинах.

Ручная промывка производится в одном из органических растворителей (керосине, бензине), наливаемых в какой-либо сосуд. Деталь опускают в сосуд с растворителем, выдерживают ее там некоторое время, а затем очищают ее с помощью щеток и обтирочных материалов. Грязь, задерживающаяся в глубоких полостях детали, извлекают с помощью прутков и крючков соответствующих размеров.

Этот способ промывки, не требующий специального оборудования, однако, небезопасен для здоровья рабочих, малопроизводителен и вызывает значительный расход дорогостоящих органических растворителей.

* О применении электроискровой обработки см. выше в разделе „Электроискровая обработка деталей машин“ (стр. 93).

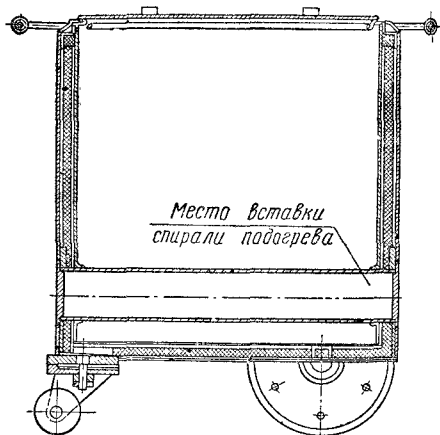
Для экономии растворителя промывка производится иногда в двух сосудах: в одном — предварительная, в другом — окончательная. С этой же целью пользуют-



Фиг. 46. Ванна с сеткой для мойки деталей вручную.

ся промывочными ваннами, разделенными на две части.

На фиг. 46 приведена ванна для мойки деталей вручную, обеспечивающая значительное снижение расхода керосина на промывку деталей при ремонте. В нижнюю часть ванны несколько ниже сетки наливается вода, остальной объем запол-



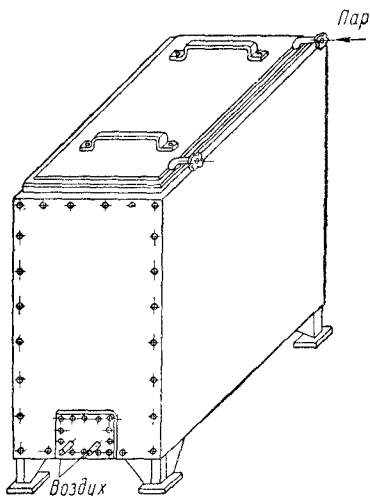
Фиг. 47. Моечный бак с электроподогревом.

няется керосином, который с водой не смешивается и, будучи легче воды, заполняет пространство над сеткой. Ванна имеет два отверстия: одно спускное и

сеткой для спуска керосина и другое в дне. Грязь, остающаяся при промывке деталей, проходит сквозь сетку и оседает на дне ванны. Керосин при этом загрязняется значительно меньше. При необходимости очистки ванны вначале спускают керосин, который следует сразу же профильтровать, затем спускается вода с грязью через спускное отверстие; ванну промывают и заливают вновь водой, а затем керосином.

Баки для промывки изготавливаются различной конструкции.

На фиг. 47 приведен передвижной бак с электроподогревом моющей среды. Детали, подлежащие промывке, опускаются в бак на сетку. Моющий раствор, подогретый до температуры кипения, непрерывно перемешивается сжатым воздухом.



Фиг. 48. Моечный бак с подогревом паром.

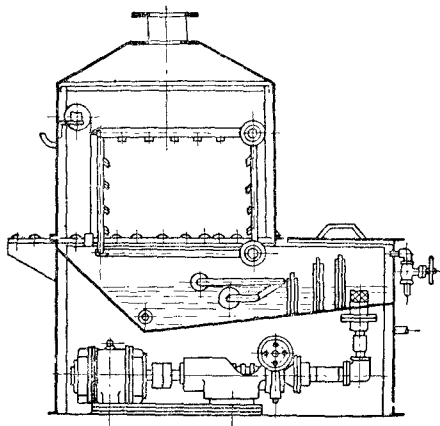
На фиг. 48 приведен стационарный промывочный бак, подогрев моющего раствора в котором осуществляется паром при помощи змеевика.

В моечных камерах и машинах промывка осуществляется подачей моющего раствора на детали струями под давлением.

По методу загрузки моечные машины делятся на ручные и конвейерные.

По технологическому признаку моечные машины делятся на однокамерные (фиг. 49 и 50), предназначенные только для промывки, двухкамерные, служащие для промывки и ополаскивания (фиг. 51),

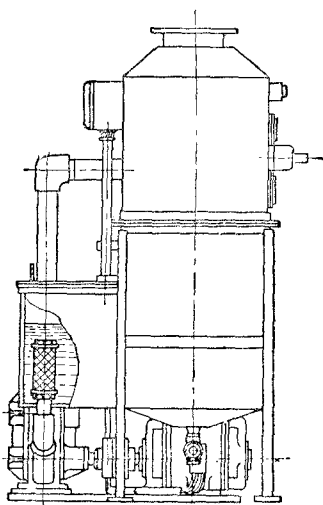
и трехкамерные, обеспечивающие, кроме перечисленных операций, также и сушку деталей.



Фиг. 49. Стационарная однокамерная моечная машина.

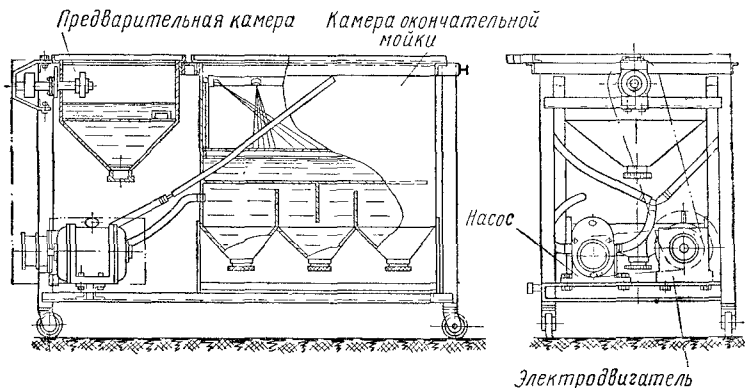
В качестве моющих жидкостей в моечных машинах применяются:

- 1) 3—5%-ный раствор кальцинированной соды;
- 2) 0,5%-ный водный раствор мыла;



Фиг. 50. Стационарная однокамерная моечная машина.

3) тринатрийфосфат и кальцинированная сода по 30 г/л.



Фиг. 51. Передвижная двухкамерная моечная машина.

Слесарные операции при ремонте машин

Правка деформированных деталей

Деталь может подвергаться правке как в холодном состоянии, так и с подогревом. При ремонте чаще всего приходится править детали, бывшие в эксплуатации, а следовательно, полностью обработанные. Прибегать к подогреву при правке таких деталей следует в исключительных случаях, так как подогрев может вызвать окисление и деформацию детали. Правка при температуре ниже 0°C может привести к поломке детали. При невозможности выправить деталь в холодном состоянии ее подогревают до температурыковки. Править при температуре $150\text{—}450^{\circ}\text{C}$ не рекомендуется; в этом интервале температур в стальной детали могут образоваться трещины.

Правка деталей обычно производится на винтовых или гидравлических прессах. Проверку результатов правки валов производят в центрах.

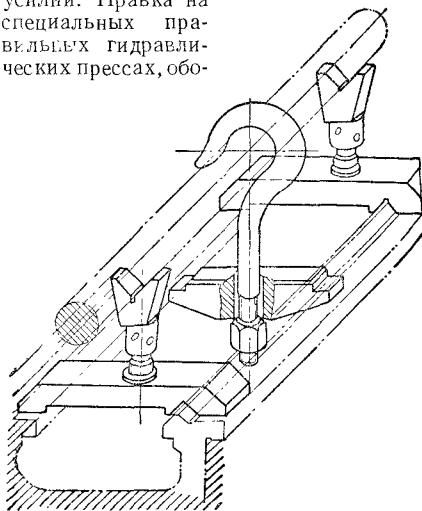
Правку не очень жестких деталей часто выполняют на токарном станке, где деталь можно править, не снимая с центров, и тут же проверяя результаты правки.

Для правки валов на токарном станке часто применяют крюки (фиг. 52).

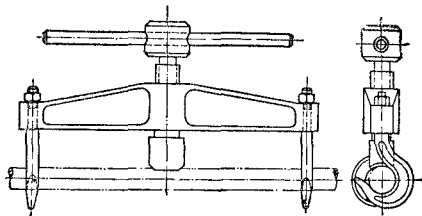
На фиг. 53 приведена скоба-пресс. Скоба устанавливается на валу так, чтобы пятка винта находилась против наивысшего места стрелы прогиба. Приспособление удобно в работе и не нагружает станок.

Приспособление для правки, пригеденное на фиг. 54, представляет собой пресс, устанавливаемый на станине станка.

Правка требует от рабочего определенных навыков и значительных физических усилий. Правка на специальных правильных гидравлических прессах, обо-

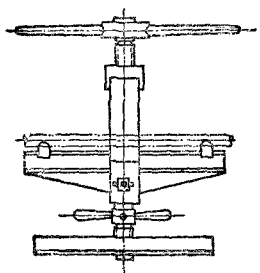


Фиг. 52. Правка с помощью домкратов и крюков.



Фиг. 53. Скоба-пресс для правки.

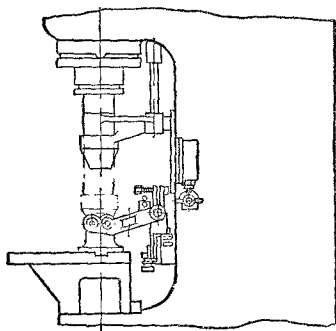
рудованных центрами, в этом отношении является более целесообразной, так как



Фиг. 54. Ручной станочный пресс для правки.

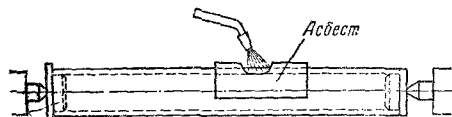
здесь не требуется применения физической силы (фиг. 55).

Пустотелые валы, встречающиеся в машинах, не могут быть выправлены ука-



Фиг. 55. Правильный пресс с центрами для проверки.

занными способами. Такие валы правятся следующим образом. Вал ставится в центры токарного станка; вращая его, находят наивысшую точку перегиба. Это



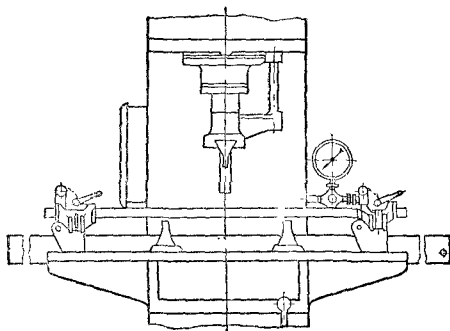
Фиг. 56. Схема правки пустотелого вала методом нагрева и охлаждения.

место обкладывают мокрым асбестом так, чтобы оставалась круглая свободная от асбеста площадка диаметром 40—70 мм в зависимости от диаметра вала. Паяльной лампой или сварочной горелкой

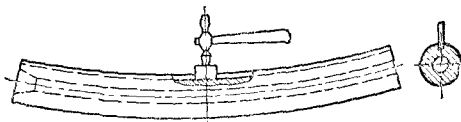
греют оставшуюся открытой площадку и тотчас же охлаждают ее сжатым воздухом (фиг. 56). Эту операцию повторяют несколько раз, пока вал окончательно не выправится.

При ремонте станков иногда приходится прибегать к правке деталей, имеющих шпоночный паз по всей их длине. В этих случаях возможно выправить деталь путем наклепа дна шпоночного паза в наиболее вогнутой точке. Наклеп производится нанесением легких ударов молотком по закаленной пластинке, которая постепенно перемещается по дну паза (фиг. 57).

Детали, изготовленные из листа, правятся вручную ударами молотка (рихтовка). Правка производится на чугунной или стальной плите. Удары наносятся не по выпуклостям, а по соседним с выпуклостями участкам. Если деталь имеет выпуклость в середине, удары по детали следует наносить, начиная с краев к середине.



Для предохранения поверхности деталей от повреждений для правки применяют молотки из меди, латуни, свинца, а для тонкого материала — из дерева.

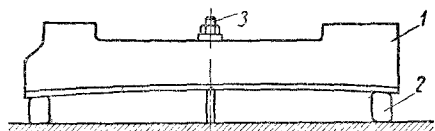


Фиг. 57. Схема правки шпинделя со шпошкой.

Результаты правки проверяют по плите с помощью шнура или на краску. Для правки деталей из листового металла могут быть использованы вальцы.

При ремонте иногда возникает необходимость правки станин и столов. Станина,

изогнутая вследствие неправильного монтажа или от случайных причин, может быть выправлена путем нагружения ее в направлении, обратном ее изгибу. Аналогично выправляют столы различных станков. Нагруженную деталь оставляют под действием груза на несколько часов, затем освобождают от груза и позволяют принять свободное положение. Если окажется, что она выправилась недостаточно, ее вновь подвергают правке. Вес груза подбирают в зависимости от результатов первого опыта.



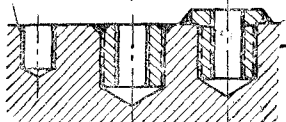
Фиг. 58. Правка станины изгибанием с помощью винта: 1 — станина; 2 — подставка; 3 — винт.

Можно добиться исправления станины, выправляя ее с помощью винта и гайки (фиг. 58).

Ремонт резьбовых отверстий

В чугунных деталях ремонт резьб производится обычно путем нарезки новой резьбы, большей по размеру. Если следующая большая резьба имеет тот же шаг, что и исправляемая, можно ограничиться сравнительно небольшим увеличением размера резьбы. При этом, не рассверливая отверстия, прорезают резьбу соответствующими метчиками. Если шаг

Изношенная резьба



Фиг. 59. Вставка резьбовых втулок.

резьбы следующего размера не совпадает с шагом ранее нарезанной резьбы, отверстие рассверливается, после чего нарезается новая резьба.

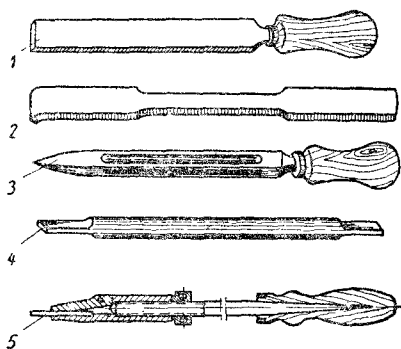
В стальных деталях резьба под действием сил при работе узла нередко растягивается; обычно такие резьбы исправляют прорезкой с помощью метчика того же размера. Если таким образом резьбу исправить не удастся, применяют тот же способ, что и для чугунных деталей, или заваривают отверстие электросваркой, а затем сверлят новое отверстие и нарезают в нем резьбу.

В стальных деталях, если позволяет расположение отверстий, изношенные резьбы рассверливают, нарезают новые, вставляют резьбовые пробки, которые затем приваривают электросваркой к телу детали, сверлят в них отверстие и нарезают резьбу (фиг. 59).

Пришабривание плоскостей и подшипников

Пришабриванием называется обработка поверхности, выполняющаяся путем скабливания тонкой стружки. Толщина стружки при шабривании колеблется от 0,05 до 0,005 мм в конце операции.

Пришабривание чаще всего применяется как доводочная операция при обработке наружных плоских или внутренних цилиндрических поверхностей.



Фиг. 60. Конструкции шаберов: 1 — плоский; 2 — изогнутый; 3 — трехгранный; 4 — двусторонний; 5 — составной.

Пришабривание производится с помощью специальных инструментов, называемых шаберами (фиг. 60), которым придают самые разнообразные формы и размеры, обеспечивающие наиболее удобное их применение для обработки тех или иных поверхностей.

Шаберы изготавливают из инструментальных сталей У10 и У12 и закалываются на твердость $R_C = 56 \div 60$. Могут применяться шаберы и с пластинками из твердых сплавов.

После заточки шабера режущую кромку следует доводить путем притирки на чугунной плите с пастой ГОИ, абразивной пастой соответствующей характеристики или на абразивном бруске. В процессе шабрения доводку режущей кромки приходится периодически повторять.

Пришабривание чаще всего производится по краске. Для этого на рабочую

поверхность поверочной плиты или детали, по которой ведется проверка, наносится тонкий слой разведенной в машинном масле краски. Затем плита или деталь накладывается на подлежащую проверке поверхность и перемещается по ней, в результате чего в местах контакта остаются следы краски, отмечающие выступающие части поверхности, подлежащие снятию шабером. Частота расположения закрашенных пятен определяет степень точности контакта поверхностей.

Если поверхности сопрягаемых деталей подвергались механической обработке, их следует шабрить предварительно по поверочному инструменту, а затем одна по другой. Это позволяет избежать появления задиров в начале шабрения.

При шабрении внутренней цилиндрической поверхности цилиндра наносится на вал или на эталон, по которому ведется шабрение. Для получения окрашенных точек на цилиндрической поверхности детали вал, или эталон, вращают вокруг своей оси, сообщая ему одновременно качательные движения. Когда шабрением должна быть обеспечена особо высокая точность поверхности, краска на эталон не наносится, а шабрение ведут по блестящим пятнам (точкам), остающимся на шабруемой поверхности в результате контакта ее с поверочным инструментом или сопряженной деталью (шабрение на блеск).

Качество шабрения или степень приближения шабруемой поверхности к эталонной поверхности поверочного инструмента или уже отшабренной сопрягаемой детали определяется числом закрашенных точек (пятен), приходящихся на квадрат площадью 25×25 мм (фиг. 61 и табл. 49).

49. Число пятен, приходящихся на квадрат со стороной 25 мм

Характер шабруемой поверхности	Число пятен не менее
Направляющие скольжения прецизионных станков	25
Направляющие скольжения прецизионных станков и подшипников валов диаметром до 100 мм	16
Направляющие скольжения шириной до 250 мм, направляющие перестановки шириной до 100 мм, подшипники валов диаметром более 100 мм, рабочие поверхности клиньев и планок салазок, столов, суппортов	10
Направляющие скольжения шириной свыше 250 мм и направляющие перестановки шириной более 100 мм	6

Припуски на шабрение должны быть минимальными. Примерные величины припусков приведены в табл. 50 и 51.

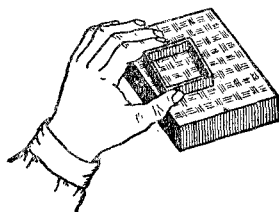
50. Припуски на пришабривание плоскостей в мм

Ширина плоскости в мм	Длина плоскости в мм				
	100—500	500—1000	1000—2000	2000—4000	4000—6000
До 100	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
100—150	0,15	0,20	0,25	0,30	0,40

51. Припуски на пришабривание отверстий в мм

Диаметр отверстия в мм	Длина отверстия в мм		
	До 100	100—200	200—300
До 80	0,05	0,08	0,12
80—180	0,10	0,15	0,25
180—360	0,15	0,25	0,35

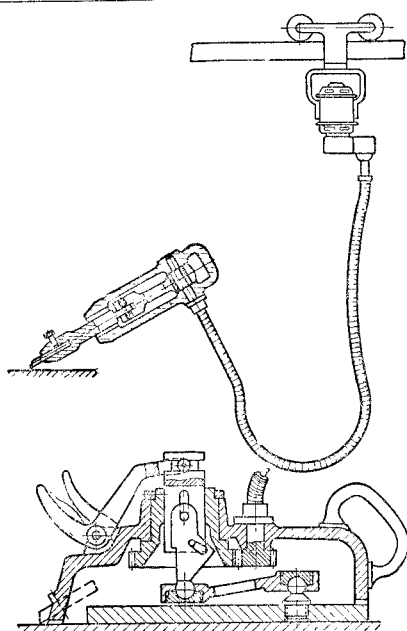
Шабрение ведется главным образом вручную. При шабрении сначала снимают большие выпуклости. При этом длина хода шабера большая (30—50 мм). При окончательном шабрении (разбивке пятен) ход шабера уменьшают до 3—5 мм.



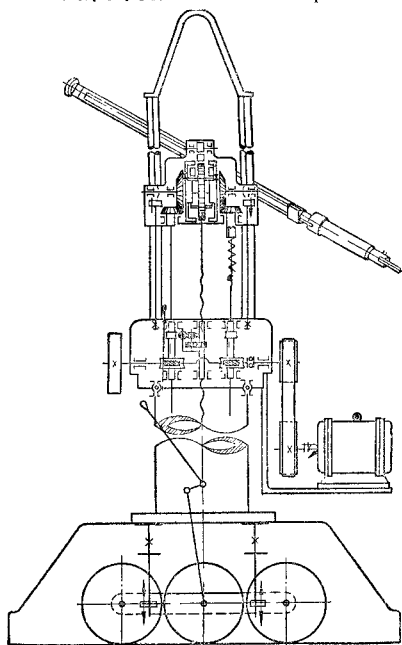
Фиг. 61. Рамка для проверки числа пятен.

Шабрение чугуна производят без смачивания шабруемой поверхности и шабера; при шабрении стали шабер смачивают в керосине или мыльной воде.

Благодаря простоте процесса и инструмента, шабрение как способ точной обработки поверхностей получил весьма широкое распространение в ремонтном деле. Он обеспечивает получение высокого качества поверхностей простыми средствами. Этим объясняется относительно медленное его вытеснение из ремонтной



Фиг. 62. Механические шаблоры.



Фиг. 63. Схема шабровочного станка.

практики, несмотря на низкую производительность.

Многочисленные попытки механизировать процесс шабрения привели к созданию ряда приспособлений и станков. Некоторые из них приведены на фиг. 62 и 63. Однако эти конструкции несовершенны и не нашли широкого применения. Наиболее удовлетворительные результаты дает шабровочный станок (фиг. 63). Основное его достоинство заключается в том, что рабочий не отвлекается на управление механизмом. При шабрении с помощью данного станка рабочий держит штангу как обычный шабер. Двигая штангу вперед, он тем самым включает механизм подачи, и штанга механически начинает двигаться вперед; сделав обратное движение, рабочий включает механизм возвратного движения, и штанга идет назад.

Шабровочный станок выгодно применять, когда требуется снять значительный слой металла на больших поверхностях.

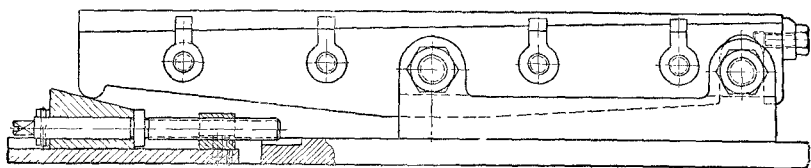
Замена пришабривания механической обработкой

Пришабривание в ряде случаев может быть заменено обработкой поверхностей на станках: шлифованием, точным строганием (широкими резцами) и тонким фрезерованием. Целесообразность применения механической обработки вместо пришабривания при ремонте направляющих определяется в зависимости от их размера и величины износа. В качестве ориентировочных данных при определении целесообразности применения шлифования при ремонте направляющих станин могут быть использованы данные, приведенные в табл. 52.

52. Величины износа направляющих, при которых целесообразно пришабривание заменять шлифованием
(по данным Харьковского тепловозостроительного завода)

Длина направляющих в мм	Величина износа в мм
От 2000 и выше	Св. 0,1
" 1000 до 2000	" 0,2
" 300 " 1000	" 0,3

Шлифованием целесообразно, в частности, восстанавливать регулировочные клинья, имеющие длину более 400 мм. Для установки клиньев при шлифовании применяется специальное приспособление (фиг. 64).



Фиг. 64. Приспособление для шлифования регулировочных клиньев.

Притирка

Притиркой называется обработка поверхностей с помощью порошков или паст для получения наиболее полного взаимного прилегания поверхностей или прилегания данной поверхности к эталонной. С помощью притирки можно добиться высокой степени точности, недостижимой другими методами обработки. Притирка применяется в основном для получения плотных или герметичных соединений, а также плоскостей правильной формы. Припуски на притирку даются в пределах 0,01—0,02 мм. В качестве притирочных порошков применяются карборунд, корунд, наждак, толченное стекло, окиси железа (крокусы), венская известь, окись хрома и другие материалы. Материал выбирается в зависимости от твердости металла притираемых деталей. Для притирки стальных деталей обычно применяются корундовые и наждачные порошки, для притирки чугунных и бронзовых деталей — наждачный порошок и толченное стекло.

Порошки различаются по величине зерна, определяемой просеиванием через сито, или методом микрометрического анализа. ГОСТ 3647-47 устанавливает номера зернистости в зависимости от гранулометрического состава зерна. В зависимости от номеров зернистости дробленые абразивные материалы делятся на три группы, приведенные в табл. 53. Номер

53. Номера зернистости дробленых абразивных материалов (ГОСТ 3647-47)

Шлифзерно	10, 12, 14, 16, 20, 24, 30, 36, 46, 54, 60, 70, 80 и 90
Шлиф-порошки	100, 120, 150, 180, 220, 240, 280 и 320
Микропорошки	M28, M20, M14, M10, M7 и M5

зернистости равен числу отверстий, проходящих на 1 пог. дюйм сита, через

которое абразивное зерно просеивалось. Буква М, предшествующая обозначению микропорошков, указывает на то, что последующая цифра обозначает величину зерна в микронах.

Кроме порошков, для целей притирки используются различные пасты.

Наибольшее распространение получила паста ГОИ.

Характерными деталями, для которых применяется притирка, являются краны, клапаны и золотники гидросистем, поршни гидронасосов, арматура гидроприводов и т. д.

Притирка производится двумя способами: притирка деталей одна по другой и притирка деталей по эталонной поверхности.

Первый способ при ремонте оборудования применяется чаще.

Подготовительные операции и притирку при этом способе производят следующим образом:

1) протирают поверхности, подлежащие притирке, чистой ветошью, смоченной в керосине, и проверяют качество прилегания сопрягаемых поверхностей, имея в виду, что притирку рационально применять лишь тогда, когда припуск на притирку не превышает нормального;

2) смешивают порошок с керосином (для притирки чугуна) или с машинным маслом (для стали и бронзы) и смазывают этим составом поверхности, подлежащие притирке;

3) перемещают одну притираемую деталь по другой, добиваясь хорошего взаимного прилегания притираемых поверхностей.

В процессе притирки абразивный порошок следует сменять каждые 1—2 мин., снимая отработанный слой с помощью смоченной в керосине ветоши. Пасту ГОИ следует снимать как только она теряет свой цвет и принимает темный оттенок.

При притирке тел вращения, если от соединения требуется герметичность притираемой детали, последней сообщают

колебательные движения, вращая ее на 30—45° то в одну, то в другую сторону.

Притирку начинают с более грубых порошков (паст), переходя постепенно к более тонким.

Паста ГОИ оказывает на металл химическое воздействие, в результате которого создается окисная пленка. При перемещении одной трущейся детали по другой, покрытой пастой ГОИ, пленка нарушается, как бы срезается с поверхности металла, и взамен снятой пленки образуется новая.

Паста наносится на притираемую поверхность металла двумя способами:

1) поверхность металла слегка смачивается керосином; паста наносится из тюбика поверх керосина, для чего рабочий кругобразными движениями водит тюбиком пасты по поверхности;

2) паста растворяется в керосине до густоты сметаны и наносится на металл кисточкой.

Отработанную пасту удаляют в процессе притирки чистыми концами, смоченными в керосине. Отработанная паста образует соли в виде твердых кристаллов, что может привести к заеданию притираемых поверхностей. После того как снята отработанная паста, наносится новая, и операция притирки продолжается до получения необходимой степени прилегания притираемых поверхностей.

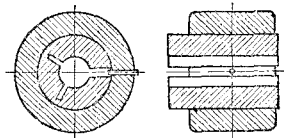
Паста ГОИ выпускается трех сортов: грубая, средняя и тонкая*.

Процесс притирки является в ряде случаев весьма длительным, поэтому его стараются по возможности механизировать, применяя коловороты, дрели, пневматические и электрические ручные сверлильные машины.

Если приходится часто производить притирку определенных деталей (клапанов, арматуры и т. п.), для этих целей может быть приспособлен сверлильный станок, к которому добавляется механизм, позволяющий осуществить периодическое колебательное движение шпинделя.

Притирка деталей по эталону производится в один или несколько приемов сначала по промежуточному эталону — притирам, а затем по окончательному. Притиры-эталон изготавливаются из чугуна, бронзы, меди, свинца, баббита, стекла, фибры и дерева. Материал притира должен быть мягче материала притираемой детали.

Притиры могут иметь форму плиты, бруса, втулки и т. п. Притиры-плиты и притиры-бруски используются для притирки по ним плоскостей небольших размеров. Втулками-притирами пользуются для притирки наружных и внутренних цилиндрических, конических и фасонных поверхностей.



Фиг. 65. Втулка-притир для наружных цилиндрических поверхностей.

Конструкция притира для притирки внутренних поверхностей должна позволять производить его разжим (фиг. 65).

При притирке пастами ГОИ хорошо себя зарекомендовали стеклянные притиры.

Пайка, лужение и заливка баббитом

Пайка и лужение

Пайка представляет собой процесс соединения металлов, находящихся в твердом состоянии, путем заполнения зазоров между ними расплавленным металлом или сплавом, называемым припоем. В процессе пайки припой проникает в поверхностные слои разогретого металла спаиваемых деталей, образуя с ним твердые растворы.

Пайка имеет следующие преимущества перед сваркой:

1) производится при сравнительно низкой температуре, не вызывающей изменения физических и механических свойств соединяемых деталей и их коробления;

2) процесс пайки прост и может быть осуществлен малоквалифицированным рабочим.

Пайку можно все металлы и их сплавы.

Припой делятся на мягкие — с температурой плавления до 400° С и твердые — с температурой плавления от 550° до 1100° С.

Мягкие припои применяют главным образом для соединения деталей, подверженных действию небольших усилий. Твердые припои применяют для соединений, обладающих значительной механической прочностью.

* О применении паст ГОИ см. также на стр. 542.

В качестве мягких припоев используют обычно сплавы олова со свинцом.

Твердые припой обычно состояются из сплавов меди с цинком и серебра с медью.

Поверхности, подлежащие пайке, должны быть очищены от грязи, окисных пленок и жиров органическими растворителями или механическими средствами (шабером, напильником, наждачной бумагой), а затем покрыты флюсом. Флюсы служат для защиты от окисления в процессе пайки, а также растворения и удаления образующихся окислов. Они также способствуют смачиванию металла и растеканию припоя по соединяемым поверхностям.

Флюс в виде раствора или пасты наносится на место будущего шва кисточкой, а порошкообразный флюс насыпается лопаточкой.

При выборе флюса можно руководствоваться табл. 54.

54. Флюсы, применяющиеся при паянии

Припой	Флюс
Мягкие (оловянисто-свинцовые)	Хлористый цинк, соляная кислота, нашатырь, фосфорная кислота, канифоль (при пайке меди и латуни), стearин (при пайке свинца)
Твердые (медноцинковые)	Бура обезвоженная
Серебряные	Фтористый натрий, борная кислота (60%) и фтористый калий (40%)

Покрытые флюсом поверхности деталей следует перед пайкой как можно плотнее прижать одну к другой.

Чем меньше зазор между поверхностями, подвергаемыми пайке, тем прочнее шов.

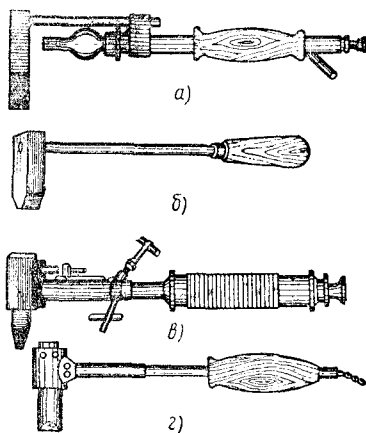
Зазор при пайке оловянисто-свинцовыми припоями должен быть не более 0,025—0,075 мм, а для пайки медными сплавами 0,012 мм. Сущность пайки заключается в том, чтобы ввести в зазор

между подготовленными для пайки поверхностями расплавленный припой, подогреть при этом место соединения поверхностей до тех пор, пока жидкий припой проникнет во все зазоры и равномерно распределится по поверхности шва.

В качестве инструмента для пайки мягкими припоями служат паяльники (фиг. 66).

Паяльники изготавливаются из красной меди, обладающей высокой теплопроводностью и способностью быстро облучиваться.

Нагретым паяльником с расплавленным на нем припоем прогревают подвергаемые пайке поверхности. При этом припой



Фиг. 66. Паяльники: а — газовый; б — нагреваемый от внешнего источника тепла; в — бензиновый; г — электропаяльник.

стекает в зазор между поверхностями деталей.

Расплавление твердых припоев не может быть осуществлено паяльниками, дающими недостаточное количество тепла. Для пайки в этих случаях используются паяльные лампы, газовые горелки, нагрев электрической дугой, нагрев в печи и другие способы нагрева, позволяющие получить необходимую температуру*.

Составы припоев и их назначение приведены в табл. 55.

* О пайке чугуна латуной см. выше в разделе „Сварка и наплавка“ (стр. 47).

55. Основные данные по припоям

Мягкие припои (ГОСТ 1499-54)				
Обозначение припоя	Химический состав в %			Материал соединяемых деталей и примерное назначение
	Sn	Sb	Pb	
ПОС-90	89—90	0,10—0,15	Остальное	Латунь, железо, медь. Пайка внутренних швов пищевой посуды и медицинской аппаратуры
ПОС-40	39—40	1,5—2,0	"	Латунь, железо, медные изделия и медные провода
ПОС-30	29—30	1,5—2,0	"	Латунь, сталь, медь, оцинкованная сталь, белая жечь (радиоаппаратура, гибкие шланги и пр.)
ПОС-18	17—18	2,0—2,5	"	Свинец, железо, латунь, медь, оцинкованное железо. Лужение железа перед пайкой. Пайка изделий широкого потребления
ПОСС 4-6	3—4	5—6	"	Белая жечь, железо, латунь, медь, свинец. Выравнивание сварных швов и вмятин, в частности у кузовов легковых автомобилей

Твердые припои

Медноцинковые (ГОСТ 1534-42)

Обозначение припоя	Химический состав в %		Материал соединяемых деталей
	Cu	Zn	
ПМЦ-36 ПМЦ-48 ПМЦ-54	36±2 48±2 54±2	Остальное " "	Латунь с содержанием меди до 68% Медные сплавы с содержанием меди свыше 68% Медь, томпак, бронза, сталь

Серебряные припои (ГОСТ 8190-56)

Обозначение припоя	Химический состав в %			Материал соединяемых деталей и примерное назначение
	Ag	Cu	Zn	
ПСр-70	70,0±0,5	26,0±0,5	4,0±1,0	Медь, латунь, серебро. Пайка проводов и деталей, где требуется высокая электропроводность
ПСр-65	65,0±0,5	20,0±0,5	15,0 ^{+1,0} _{-1,5}	Пайка ленточных пил
ПСр-45	45,0±0,5	30,0±0,5	25,0 ^{+1,0} _{-1,5}	Медные, латунные детали, нержавеющая сталь
ПСр-25	25,0±0,3	40,0±1	35,0 ^{+1,0} _{-1,5}	Сталь, медь и медные сплавы. Когда требуется повышенная прочность или стойкость против коррозии
ПСр-12	12,0±0,3	52,0±1,0	36,0 ^{+1,5} _{-2,0}	Латунь с содержанием меди 58% и более

Примечание. Заменителями серебряных припоев ПСр-25 и ПСр-45 для пайки меди и латуни являются медно-фосфористые припои.

Заливка вкладышей подшипников баббитом

При ремонте вкладышей, у которых износилась баббитовая заливка, последние нагреваются до температуры плавления баббита ($240\text{--}260^\circ\text{C}$), баббит сливается, и поверхность очищается от его остатков. Очистка производится щуркой или стальными щетками. После этого вкладыши подвергают травлению в 10—15%-ном растворе соляной или серной кислоты, нагретом до температуры $40\text{--}60^\circ\text{C}$, и промывают в горячей воде.

Обезжиривание вкладышей перед заливкой баббитом проводится в нагретом до $80\text{--}90^\circ\text{C}$ 10—15%-ном растворе едкого натра или едкого кали или кальцинированной соды при температуре $90\text{--}100^\circ\text{C}$. Удаление остатков щелочи с деталей после обезжиривания обеспечивается промывкой их в горячей воде.

Для удаления масла с заливаемых поверхностей может применяться также подогрев вкладышей до температуры $200\text{--}250^\circ\text{C}$.

Для лучшего приставания полуды к заливаемой поверхности ее протравливают. Протравливание производится обычно раствором хлористого цинка с добавкой 5—10% хлористого аммония (нашатыря). Для этого также может применяться флюс ХТЗ (47% воды, 23,5% соляной кислоты, 21% хлористого цинка и 8,5% хлористого аммония) или флюс НАТИ (27% хлористого цинка, 11% хлористого аммония и 62% воды).

Флюсы наносят на поверхность войлоком, паклей или волосной щеткой.

Поверхности, которые не должны подвергаться лужению, покрываются защитными пастами (например, пастой, состоящей из 1 ч. мела, 2—3 ч. воды с добавлением 1—2% столярного клея или пастой из 2 ч. мела, 2 ч. жидкого стекла и 1 ч. воды). После нанесения пасты подшипники просушивают при температуре $120\text{--}140^\circ\text{C}$.

Лужение небольших вкладышей производится погружением их в ванну с расплавленной полудой ($300\text{--}320^\circ\text{C}$) на 2—7 мин. в зависимости от размеров. Перед погружением подшипников в ванну их рекомендуется нагреть до температуры $120\text{--}130^\circ\text{C}$ в муфельной печи или на горячей плите (железном листе и т. п.).

Вкладыши подшипников крупных размеров нагревают до температуры $260\text{--}300^\circ\text{C}$ с помощью паяльных ламп, газовых горелок, на горне и т. д.

Полуда наносится на поверхность путем натирания ее прутком припоя или посыпания порошкообразной полудой с растиранием щеткой и паклей. Рекомендуется для лужения применять полуду, содержащую 70% свинца и 30% олова.

Вкладыши подшипников, изготовленные из чугуна, перед лужением необходимо подвергать поверхностному обезуглероживанию. Для этого деталь нагревается в присутствии перекиси марганца, красной окиси железа и т. п. до температуры $500\text{--}550^\circ\text{C}$ в течение 5—6 час. с последующим протравливанием ее в кислоте, покрытием флюсом и лужением. Для лужения обезуглероженных таким образом чугунных поверхностей рекомендуется применять полуду, состоящую из 90% свинца, 5% олова и 5% сурьмы.

Перед заливкой баббитом вкладыши нагревают до температуры $250\text{--}270^\circ\text{C}$, с тем чтобы слой наложенной полуды стал жидким. Нагревание производят после сборки формы или после установки подшипников в приспособлении.

Если подшипники подвергаются заливке баббитом сейчас же после лужения, то повторного нагревания их не требуется.

Интервал между лужением и заливкой для небольших подшипников не должен превышать 7—15 сек., а для крупных 30—60 сек.

Расплавление баббита производят обычно в тиглях, подогревая их на горне, электричеством или газом. Тигель предварительно должен быть очищен от шлака, окислов и остатков баббита и нагрет до температуры $400\text{--}500^\circ\text{C}$. Баббит загружается кусками весом 1—2 кг. Расплавленный баббит покрывают древесным углем, слоем толщиной 20—30 мм (без угольной пыли и мелочи).

При плавке баббита его периодически рафинируют хлористым аммонием или оловяннофосфористой лигатурой с содержанием фосфора 3—5%. Баббит марки БК рафинируют алюминием или смесью хлористого натрия с хлористым кальцием.

Температура баббита для заливки устанавливается по ГОСТ 1320-41.

Заливка баббитом может производиться вручную, центробежным способом, под давлением, с последующим уплотнением и с расплавлением баббита внутри формы.

Ручная заливка. Заливаемый вкладыш подшипника устанавливается на плите так, чтобы стержень находился в центре. Все зазоры замазываются обмазкой, предупреждающей утечку баббита. Обмазки могут быть следующих составов: 1) 65%

глины, 17% соли поваренной, 18% воды; 2) 56% глины, 34% песка, 10% жидкого стекла.

Форму нагревают до температуры 250—270° С. Чтобы заливаемый вкладыш при заливке не сместился, на него накладывается груз.

Ликвация баббита при заливке предупреждается перемешиванием баббита нагретым металлическим стержнем и быстрым охлаждением залитого вкладыша водой или сжатым воздухом.

Крупные подшипники заливают *сифонным способом*. Этот способ предупреждает попадание шлаков и посторонних примесей в залитый слой, так как они остаются в литниковом канале. В серийном производстве ручная заливка выполняется с применением специальных приспособлений.

Центробежная заливка производится на специальных станках для заливки, но может производиться и на обычных токарных станках. Подлежащий заливке вкладыш должен быть надежно закреплен и правильно центрирован в патроне станка и уравновешен.

Охлаждение подшипника после заливки осуществляется струей воды или сжатым воздухом.

После выверки и закрепления заливаемого вкладыша в патроне станка его подогревают при помощи газовой горелки.

При центробежной заливке большое значение имеет скорость вращения детали. С увеличением скорости вращения улучшается плотность заливки. Число оборотов детали может быть подсчитано по следующей приближенной формуле:

$$n = \frac{1700 \div 2000}{\sqrt{d}},$$

где n — число оборотов детали в минуту; d — диаметр заливаемого отверстия в см.

Большее значение постоянной в числителе соответствует баббитам с высоким содержанием свинца.

Окружная скорость вращения на внутреннем диаметре подшипника может быть определена по следующей эмпирической формуле: $v = 20 \sqrt{d}$, где v — окружная скорость вращения в м/мин; d — внутренний диаметр подшипника в мм.

При центробежной заливке обеспечивается плотная, высококачественная структура сплава, большая производительность и экономное расходование баббита. Брак по раковинам и порам при этом способе заливки не превышает обычно 1%.

Заливка под давлением применяется

главным образом в массовом производстве. Она выполняется на специальных машинах, подающих расплавленный баббит в форму, где установлен заливаемый подшипник.

Заливка с последующим уплотнением баббита рекомендуется при изготовлении крупных подшипников. Уплотнение баббита на залитой поверхности производится ручными и пневматическими трамбовками. Соединение баббита с поверхностью вкладыша обеспечивается устройством на ней канавок в виде ласточкина хвоста и засверленных отверстий. При таком способе заливки не требуется производить предварительную очистку, лужение и нагревание подшипников.

Заливка с расплавлением баббита внутри формы производится следующим образом. В подготовленные к заливке формы закладывают кусочки баббита и ставят их в печь. После расплавления баббита формы подвергают быстрому охлаждению водяными брызгами.

Брак при заливке подшипников баббитом может получаться по следующим причинам:

1. Неравномерная толщина залитого слоя имеет место при неправильной сборке формы и как следствие смещения подшипника по отношению к стержню; при центробежной заливке — из-за неточного центрирования подшипника.

2. Плохое приставание баббита к внутренней поверхности подшипника является обычно следствием плохой очистки, травления, лужения, недогрева или перегрева вкладыша при заливке баббита. Указанный дефект обнаруживается по дребезжащему звуку при простукивании.

3. Пористость образуется из-за плохой рафинировки и сильного окисления баббита, неравномерного охлаждения формы, заливки баббита длинной струей.

4. Усадочные раковины получаются при неравномерном охлаждении подшипника (односторонняя подача струи охлаждающего воздуха или воды).

5. Крупнозернистое строение залитого баббита получается из-за медленного охлаждения вкладыша, неправильной температуры заливки, плохой рафинировки и неправильного состава баббита. Крупнозернистое строение обнаруживается при отламывании литников.

6. Трещины в залитом слое возникают вследствие внутренних напряжений, образующихся при заливке. Они обнаруживаются по дребезжащему звуку при простукивании.

7. Посторонние включения бывают из-за небрежной рафинировки и плохого качества подготовительных работ перед заливкой.

Сборочные работы

Организация сборочных работ

Сборка ремонтируемой машины или узла начинается с установки базовой детали, к которой затем крепятся другие детали, узлы и механизмы. Обычно базовой деталью служит станина. В этих случаях сборка начинается с установки и выверки станины. Убедившись в правильности установки станины и точности ее направляющих поверхностей, крепят станину к фундаменту, после чего приступают к установке узлов и деталей, монтируемых на станине.

Сборочные работы в значительной части связаны с осуществлением различных соединений.

Сборка неподвижных соединений

К числу неподвижных соединений относятся соединения при помощи шпонок. Эти соединения имеют своим назначением осуществлять передачу крутящего момента от ведущей детали к ведомой, а в некоторых случаях воспринимать осевые усилия, действующие на соединение.

Материалом для изготовления шпонок служит сталь марки не ниже Ст. 5. Шпонки из более мягкой стали ненадежны, так как их рабочие поверхности сминаются, что нарушает характер сопряжения деталей. Для призматических шпонок используется чистотянутая сталь по ГОСТ НКМ 4093. При отсутствии такой стали шпонки должны быть чисто обработаны на станке или вручную.

Клиновые шпонки изготавливаются из поковок.

Шпоночные соединения обычно изнашиваются по рабочим поверхностям как самих шпонок, так и шпоночных пазов на валах и в ступицах. Наиболее часто встречаются следующие нарушения соединений: смятие и выкрашивание рабочих поверхностей шпонок и шпоночных пазов; срез под действием чрезмерных крутящих моментов.

Ремонт изношенных шпоночных соединений можно произвести следующими способами:

а) обработать на станке или вручную пазы в обоих сопряженных деталях до

следующего большего нормального размера шпоночного соединения;

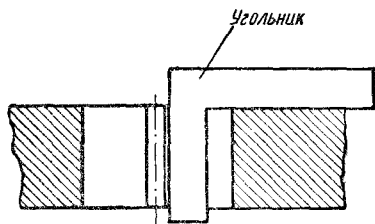
б) заварить шпоночные пазы и сделать новые в другом месте;

в) произвести наварку стенок изношенных пазов и затем исправить их механической или ручной обработкой для получения первоначальных размеров пазов;

г) обработать паз до большего размера в одной детали, где он изношен, и установить ступенчатую шпонку; этот способ может быть применен лишь в виде исключения при невозможности осуществить ни один из приведенных выше методов исправления соединения.

Призматические шпонки пригоняют по боковым сторонам, клиновые шпонки — по верхней и нижней рабочей поверхностям, тангенциальные шпонки пригоняются по всем поверхностям за исключением торцов.

Пригоняя шпонку, надо учитывать, что шпонка, прилегающая к стенкам пазов, не по всей рабочей поверхности быстро



Фиг. 67. Проверка перпендикулярности паза в ступице к торцу детали.

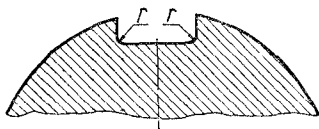
сминается в местах прилегания, вследствие чего шпоночное соединение расшатывается, что может вызвать остановку машины. Поэтому форму паза как в валу, так и в ступице следует тщательно проверять и выдерживать в пределах допусков. Рабочие поверхности шпонок и шпоночных пазов должны быть чистыми, без заусенцев и грубых следов обработки. Шпонки должны пригоняться припиливанием их по пазу, а в ответственных случаях и пришабриванием (паза и шпонки).

При опиловке шпоночного паза в ступице следует опилить сперва дно паза, проверяя правильность его положения по отношению к торцу с помощью угольника, а затем выровнять одну стенку паза, (фиг. 67), припилить вторую.

При исправлении шпоночных пазов надо следить за тем, чтобы вертикальные их стенки в месте сопряжения с дном паза имели плавные переходы (фиг. 68).

На углах шпонок обязательно снимают фаски.

При сборке сопряжений с призматическими шпонками шпонку пригоняют по пазу вала, а затем, посадив ее в паз, пригоняют по ней паз ступицы. Шпонку в паз вала сажают легкими ударами молотка или запрессовыванием.



Фиг. 68. Форма поперечного сечения шпоночного паза.

Прежде чем приступить к подгонке паза ступицы, проверяют с помощью щупа, достаточно ли плотно шпонка сидит в пазу вала. Паз ступицы плотно пригоняется к боковым стенкам шпонки.

Правильность пригонки шпонки проверяется щупом после посадки детали.

Проверке подлежит боковой зазор между шпонкой и шпоночным пазом (фиг. 69, а).

Наклонная плоскость клиновой шпонки выполняется с уклоном 1:100; такой же уклон должен иметь паз в ступице.

Перед сборкой шпоночного соединения обе сопрягаемые детали смазывают машинным маслом.

Клиновая шпонка должна забиваться так, чтобы оставалась возможность подтягивать соединение в процессе эксплуатации, осаживая шпонку дальше при ее ослаблении. Между головкой шпонки и торцом детали должно оставаться расстояние H (фиг. 69, б) не менее чем 1—1,5 высоты шпонки.

Забивные шпонки забивают молотком, вес которого подбирают по размеру шпонки. При этом нужно следить за тем, чтобы шпонка не вызвала разрыва насаживаемой детали или появления трещин в ней. Начинать забивание шпонки следует с легких ударов. Рабочая часть молотка,

используемого для забивания шпонок, должна быть выполнена из мягкого металла, не дающего осколков (красная медь, свинец).

После сборки соединения с напряженной шпонкой необходимо убедиться в отсутствии радиальных зазоров с обоих торцов собранного соединения. Проверку производят с помощью щупа. Если зазор обнаружен, соединение бракуется и подлежит переделке.

При посадке с натягом деталей небольшого размера (штифтов, клиньев, втулок, заглушек) применяют ручные молотки из мягкого металла (красная медь, свинец). Для защиты торцов деталей от растрескивания при запрессовке под прессом и забоям при запрессовке ударами кувалды (при отсутствии прессы) на торец детали кладется пластина из мягкого металла.

В некоторых случаях, когда по конструкции соединения воспользоваться прессом не представляется возможным, для запрессовки используются домкраты, струбцины, винт с гайкой.

Усилие запрессовки P (в m) рассчитывается по формуле

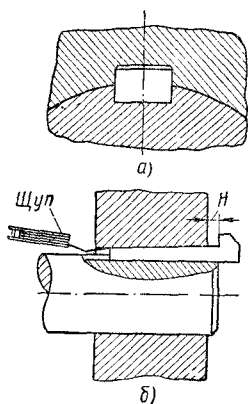
$$P = \frac{a \left(\frac{D}{d} + 0,3 \right) i l}{\frac{D}{d} + 6,35},$$

где i — натяг в мм; D — наружный диаметр ступицы насаживаемой детали в мм; d — внутренний диаметр насаживаемой детали в мм; l — длина ступицы насаживаемой детали в мм; a — коэффициент, зависящий от материала насаживаемой детали (для стали $a = 7,5$, для чугуна $a = 4,3$).

Неподвижная посадка при сборке может быть осуществлена путем нагрева охватывающей детали или охлаждения охватываемой детали, а также комбинированным способом, т. е. путем соединения нагретой охватывающей детали с охлажденной охватываемой.

Применяются следующие способы нагрева охватывающей детали: 1) нагрев в печи; 2) нагрев, основанный на принципе электросопротивления и электроиндукции; 3) нагрев в жидкой среде (вода, масло) или паром; 4) нагрев открытым пламенем (горелками).

В зависимости от требуемой величины натяга и коэффициента расширения металла подогрев может быть осуществлен в пределах от 75 до 450° С.



Фиг. 69. Проверка правильности пригонки шпонки: а — призматической; б — клиновой.

При нагреве важно не допустить образования окалины на сопрягаемых поверхностях деталей. Поэтому если нагрев производится в печи, следует создавать в ней восстановительную атмосферу.

Для осуществления нагрева электроиндукционным способом приспособление вводится в отверстие нагреваемой детали или охватывает деталь.

Нагрев охватывающей детали возможно осуществить и с помощью электроприбора, представляющего собой катушку соответствующего размера, на которой смонтирована спираль (сопротивление), нагреваемая электрическим током. Такой прибор, будучи введен в отверстие охватывающей детали, нагревает стенки детали, чем достигается необходимое для осуществления посадки увеличение диаметра отверстия.

Нагрев в жидкой среде обеспечивает равномерность нагрева детали и предохраняет поверхности детали от окисления. В качестве жидкой среды для нагрева деталей наиболее часто применяются масла. Вода обеспечивает возможность нагрева деталей до 100°C .

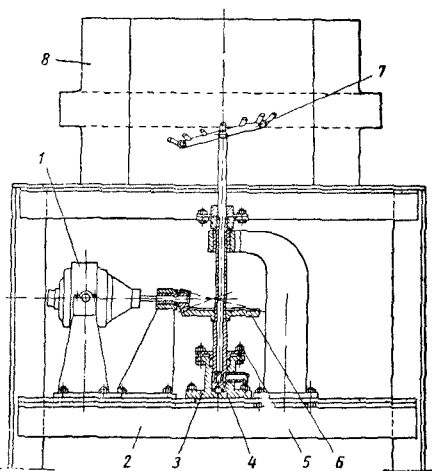
В случаях, когда приведенные способы нагрева не могут быть применены (детали слишком велики), применяют нагрев горелками (бензиновыми, сварочными и т.д.), причем необходимо стараться обеспечить равномерность нагрева деталей.

На некоторых заводах крупные детали при запрессовке нагревают на специальной установке (фиг. 70) с автогенным аппаратом типа МГ при давлении газа 1200 мм вод. ст. В установке применена стандартная сварочная горелка типа СУ № 6 с измененным наконечником. Смесь газа с кислородом поступает через цилиндр, канал валика и трубку в кольцо 7 горелки. По окружности этого кольца на равном расстоянии друг от друга расположены 16 сопел. Деталь нагревают пламенем вращающейся горелки. Для увеличения поверхности нагрева горелка монтируется под углом $\sim 10-12^{\circ}$ по отношению к вертикальной оси. Приводом для вращения горелки служит пневматическая машина и шестеренчатая передача.

При предварительных расчетах величины расширения (сжатия) можно исходить из того, что перепад температур в 100°C для чугуна и стали дает расширение (сжатие), равное 1 мк на 1 мм диаметра. Для более точных расчетов температуры нагрева (охлаждения) детали применяется следующая формула:

$$t^{\circ} \approx (\delta T_{\max} + \delta_0) \alpha d \cdot 10^3 + t_1,$$

где t° — температура нагрева охватывающей детали или температура охлаждения охватываемой детали; δT_{\max} — наибольший натяг посадки в мк; δ_0 — минимально необходимый зазор при сборке; α — коэффициент нагрева (сжатия) материала детали (см. табл. 56); d — диаметр соединения в мм; t_1 — температура помещения, где происходит сборка, в $^{\circ}\text{C}$.



Фиг. 70. Установка для нагрева круглых деталей автогенным пламенем: 1 — пневматическая сверлильная машина; 2 — рама; 3 — цилиндр, в который поступает смесь ацетилена с кислородом; 4 — пустотелый валик; 5 — крышка цилиндра; 6 — коническая шестерня; 7 — кольцо горелки из 16 сопел; 8 — нагреваемая деталь.

Для охлаждения охватываемой детали применяются следующие среды:

- 1) жидкий воздух (при $t = -193^{\circ}\text{C}$);
- 2) жидкий азот (при $t = -190^{\circ}\text{C}$);
- 3) жидкий кислород (при $t = -183^{\circ}\text{C}$);
- 4) сухой лед — твердая двуокись углерода (при $t = -72^{\circ}\text{C}$).

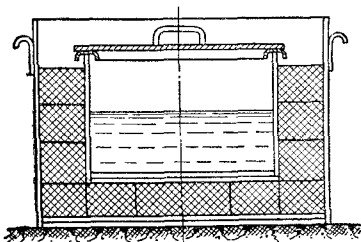
Охлаждение охватываемой детали производится обычно в следующих случаях:

- 1) если натяг, получаемый в результате подогрева охватывающей детали, недостаточен для создания необходимой напряженности сопряжения;
- 2) когда эффективный нагрев охватываемой детали невозможен из-за конструкции детали, размера ее или отсутствия соответствующих нагревательных приборов;
- 3) при невозможности запрессовки охватываемой детали из-за ее тонкостенности;

56. Значения коэффициента линейного расширения и сжатия

Материал	Расширение	Сжатие
Алюминий	$27,0 \cdot 10^{-6}$	—
Бронза	$17,5 \cdot 10^{-6}$	$-15 \cdot 10^{-6}$
Дуралюмин	$22,6 \cdot 10^{-6}$	$-18 \cdot 10^{-6}$
Латунь	$19,8 \cdot 10^{-6}$	$-16 \cdot 10^{-6}$
Медь	$16,5 \cdot 10^{-6}$	$-14 \cdot 10^{-6}$
Олово	$23,0 \cdot 10^{-6}$	—
Сталь углеродистая незакаленная (<1%С)	$11,5 \cdot 10^{-6}$	$-8,5 \cdot 10^{-6}$
Сталь углеродистая закаленная (>1%С) . .	$12 \cdot 10^{-6}$	—
Чугун	$10,4 \cdot 10^{-6}$	$-8 \cdot 10^{-6}$
Электрон	$28,5 \cdot 10^{-6}$	—

4) если охватываемая или охватываемая детали термически обработаны и не могут быть нагреваемы до нужной температуры без нарушения их свойств.



Фиг. 71 Термос для сжиженного газа.

Охлаждение охватываемой детали осуществляется путем полного или частичного погружения детали в охлаждающую среду или путем помещения детали в охлаждающую камеру*.

* Конструкция охлаждающей камеры должна исключать возможность соприкосновения рабочего со сжиженным газом при загрузке деталей и их извлечении, а при использовании сжиженного кислорода также возможность насыщения газобразным кислородом одежды рабочих (что крайне опасно, так как может вызвать ее воспламенение от малейшей искры). Для изготовления охлаждающих камер, работающих на жидком кислороде, не должно применяться дерево, так как органические материалы при насыщении их кислородом становятся взрывоопасными.

Для охлаждения деталей путем погружения должен использоваться, как правило, жидкий азот. Применение в данном случае сжиженного воздуха и особенно кислорода весьма опасно, особенно для охлаждения сложных по форме деталей, обезжирить надлежащим образом которые практически очень трудно. — Ред.

Применяющиеся для охлаждения сжиженные газы (воздух, кислород, азот) доставляются к месту работы в специальных сосудах — сосудах Дьюара.

Чтобы соединение нагреваемых и охлаждаемых деталей с сопряженными происходило нормально, рекомендуется заранее изготовлять предельные скобы (пробки), размер которых предусматривает получение заданного натяга. Сопряжение нагретых или охлажденных деталей должно производиться лишь после того, как замерами с помощью предельной пробки или предельной скобы установлено, что посадочное место достигло необходимого размера.

Монтаж подшипников качения [1]

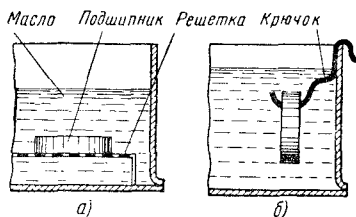
Монтаж подшипников качения можно производить только после подготовки и проверки посадочных мест на валу и в корпусе.

Предназначенные для монтажа подшипники вынимаются из упаковки и тщательно промываются.

Основными и наиболее характерными разновидностями монтажа подшипников качения являются: а) с натягом на вал; б) с натягом в корпусе; в) с натягом на вал и в корпусе.

При монтаже подшипников качения на вал в целях облегчения монтажа и во избежание порчи посадочных мест на валу все мелкие и средние подшипники при посадках от плотной до глухой и все крупногабаритные подшипники при любых посадках необходимо перед установкой нагревать в горячем масле.

Нагрев подшипников в масле производится в специальной ванне, в нижней части которой устанавливается решетка для укладывания подшипников (фиг. 72, а) либо крепится боковая подвеска

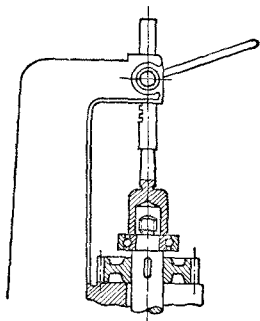


Фиг. 72. Ванна для нагрева подшипников.

(фиг. 72, б), что обеспечивает более равномерное нагревание. Температуру масла в баке необходимо поддерживать в пределах 90—100° С.

Лучшим способом посадки подшипников на вал, обеспечивающим наиболее точную установку их, является запрессовка при помощи ручного или гидравлического пресса.

Запрессовка подшипников на вал производится при помощи специальной монтажной оправки (фиг. 73).



Фиг. 73. Запрессовка подшипника на вал с помощью монтажной оправки.

При запрессовке под прессом необходимо следить за тем, чтобы не было перекоса подшипника.

Если пресс отсутствует, посадку подшипников на вал можно производить при помощи монтажной трубы и молотка.

При посадке подшипника на вал при помощи выколотки необходимо следить за тем, чтобы выколотка все время плотно касалась торца внутреннего кольца и не касалась сепаратора или наружного кольца. Удары молотком по выколотке необходимо наносить равномерно и попеременно по диаметрально противоположным точкам окружности торца внутреннего кольца.

Монтажные трубы, применяемые при посадке подшипников на вал, следует изготавливать из мягкой стали. Размер трубы подбирается так, чтобы внутренний диаметр ее был немного больше внутреннего диаметра монтируемого подшипника, а наружный диаметр немного меньше наружного диаметра внутреннего кольца подшипника.

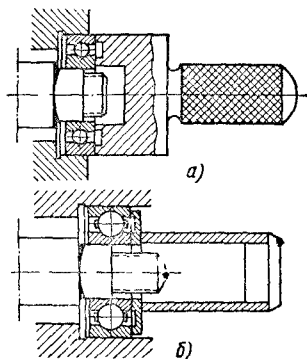
Торец монтажной трубы должен плотно прилегать к торцу монтируемого подшипника. Удары молотком необходимо наносить по центру головки монтажной трубы.

При монтаже подшипников на вал нельзя допускать передачи усилия напрессовки через наружное кольцо, так как это может вызвать повреждение беговых дорожек колец и тел качения подшипников.

Подшипники должны устанавливаться так, чтобы их торец с маркировкой был обращен наружу, в сторону крышки корпуса подшипника, для удобства определения номера установленного подшипника в собранном узле.

Для посадки подшипников в корпус применяются монтажные трубы и оправки, аналогичные применяемым при посадке подшипников на вал. Когда позволяют размеры, запрессовку подшипников в корпус следует производить при помощи пресса.

При монтаже подшипников с натягом на вал и в корпус можно применять специальные оправки, у которых торцы наружной и внутренней кольцевых выточек одновременно касаются торцов наружного и внутреннего колец подшипника. При этом происходит одновременно посадка подшипника на вал и в корпус (фиг. 74).



Фиг. 74. Монтаж подшипников качения: а — специальной оправкой с натягом на вал и в корпусе; б — применением трубы с шайбой.

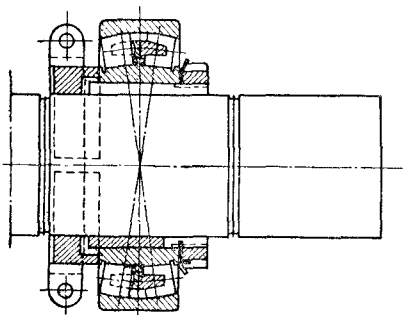
Вместо оправки можно применять монтажную трубу и специальную шайбу, так как применение специальных оправок рентабельно только при монтаже большого числа одинаковых подшипников.

Если подшипники до посадки на вал нагревались, то после посадки на вал их необходимо охладить до температуры окружающего воздуха, и только после этого можно начинать монтаж их в корпус.

Подшипники на закрепительных или на буксовых (стяжных) втулках должны монтироваться так, чтобы конусная втулка не слишком распирала внутреннее кольцо подшипника, что может вызвать защемление тел качения между кольцами под-

шипников (фиг. 75). После монтажа таких подшипников производят проверку люфта и легкости вращения подшипника от руки.

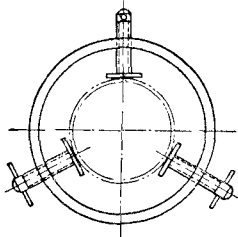
При монтаже подшипников с витыми роликами и разрезными наружными кольцами рекомендуется применять специаль-



Фиг. 75. Монтаж подшипника на закрепительной втулке.

ное приспособление, позволяющее сжать наружное кольцо подшипника, что облегчает запрессовку подшипника в корпус (фиг. 76). После того как подшипник частично вошел в корпус, приспособление снимается, и производится окончательная допрессовка подшипника.

После запрессовки подшипников необходимо проверить точность их расположения. Прежде всего проверяют, прижат ли подшипник до отказа к заплечику вала при посадке на вал, или к буртику корпуса



Фиг. 76. Приспособление для сжатия наружного кольца подшипника.

подшипника при посадке в корпус. Эта проверка производится при помощи щупа толщиной до 0,05 мм. При правильной запрессовке щуп не должен проходить между плоскостью подшипников и заплечиков вала или корпуса.

При монтаже упорных подшипников необходимо проверить точность посадки кольца, вращающегося вместе с валом. Эта

проверка производится при помощи индикатора, ножка которого должна упираться в беговую дорожку подшипника.

Проверку подшипников, монтируемых с натягом одновременно на вал и корпус, на точность установки и плотность прилегания к заплечику вала и буртику конуса производить при помощи щупа невозможно. Поэтому при монтаже подшипников с натягом на вал и в корпус необходимо особенно тщательно проверять точность обработки посадочных мест.

В подшипниках качения различают два вида зазоров: радиальный зазор и осевой зазор.

Радиальный зазор может быть начальный, т. е. в свободном подшипнике до его запрессовки; посадочный — после посадки подшипника на место; рабочий — в рабочем состоянии подшипника.

После посадки подшипника необходимо проверить посадочный зазор в подшипнике.

При монтаже подшипников на вал с натягом при неподвижных посадках вследствие разности диаметров вала и отверстия кольца получается увеличение диаметра дорожки качения внутреннего кольца подшипника и, следовательно, уменьшение начального радиального зазора. При монтаже подшипников в корпус при неподвижных посадках получается уменьшение диаметра дорожки качения наружного кольца и, следовательно, также уменьшение начального радиального зазора. Поэтому посадочный зазор всегда меньше начального вследствие изменения диаметров колец подшипника из-за посадочных натягов. Рабочий зазор обычно бывает несколько больше посадочного за счет деформации тел качения и дорожек под нагрузкой.

При определении посадочных радиальных зазоров можно принимать с достаточной практической точностью увеличение размера диаметра дорожки качения внутреннего кольца равным от 55 до 70% номинального натяга (в среднем около 60%). Для наружных колец подшипников уменьшение диаметра составляет в среднем 50—60% номинального натяга.

В регулируемых типах радиально-упорных и двойных упорных подшипников зазоры устанавливаются путем регулирования взаимного положения колец при монтаже или в процессе эксплуатации.

В табл. 59 приведены примерные значения осевой игры для конических роликоподшипников и радиально-упорных

шарикоподшипников, которые можно при установке регулировать.

После запрессовки подшипников на вал или в корпус производится окончательная сборка подшипниковых опор (узлов). Для этой цели подготовляются и проверяются все сопряженные с подшипниками детали—

фланцы, крышки, шайбы, уплотнения и пр.

Вопросу монтажа уплотняющих устройств должно уделяться особое внимание, так как от тщательности их монтажа зависит надежность работы подшипникового узла, особенно в пыльных помещениях.

57. Натяги при посадках шарико- и роликоподшипников нормального класса точности на вал

Номинальный диаметр в мм		Глухая Г		Тугая Т		Напряженная Н		Плотная П		Скользжая С		Движения Д	
св	до	Натяг в мк											
		наиб.	наим.	наиб.	наим.	наиб.	наим.	наиб.	наим.	наиб.	наим.	наиб.	наим.
—	6	26	8	23	5	19	1	14	—4	10	—8	6	—12
6	10	30	10	26	6	22	2	15	—5	10	—10	5	—15
10	18	34	12	29	7	24	2	16	—6	10	—12	4	—18
18	30	40	15	33	8	27	2	17	—7	10	—14	2	—22
30	50	47	18	39	9	32	3	20	—8	12	—17	2	—27
50	80	55	20	45	10	38	3	25	—10	15	—20	3	—32
80	120	65	23	55	12	46	3	32	—12	20	—23	5	—38
120	180	77	25	65	13	55	4	39	—14	25	—27	7	—45
180	250	90	30	75	15	65	4	46	—16	30	—30	8	—52
250	260	95	30	80	15	70	4	51	—16	35	—30	13	—52
260	315	105	35	85	15	75	4	53	—18	35	—35	9	—60
315	360	110	35	90	15	80	4	58	—18	40	—35	14	—60
360	400	120	40	100	20	85	5	60	—20	40	—40	10	—70

58. Натяги при посадках шарико- и роликоподшипников нормального класса точности в корпус

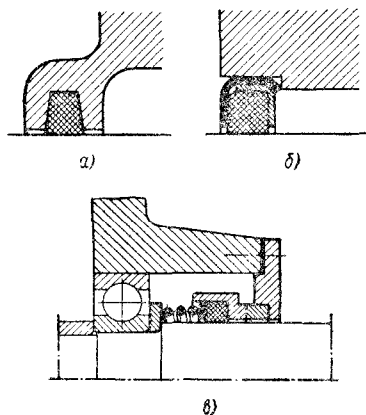
Номинальный диаметр в мм		Глухая Г		Тугая Т		Напряженная Н		Плотная П		Скользкая С	
св.	до	Натяги в мм									
		наиб.	наим.	наиб.	наим.	наиб.	наим.	наиб.	наим.	наиб.	наим.
—	18	24	—3	19	—8	14	—13	6	—21	0	27
18	30	30	—3	23	—9	17	—15	7	—25	0	32
30	50	35	—4	27	—11	20	—18	8	—29	0	38
50	80	40	—5	30	—13	23	—21	10	—33	0	43
80	120	45	—5	35	—15	26	—24	12	—38	0	50
120	150	52	—6	40	—18	30	—28	14	—45	0	58
150	180	52	—13	40	—25	30	—35	14	—52	0	66
180	250	60	—15	45	—30	35	—41	16	—60	0	75
250	260	60	—20	45	—35	35	—46	16	—65	0	80
260	315	70	—17	50	—35	40	—47	18	—70	0	85
315	360	70	—22	50	—40	40	—52	18	—75	0	90
360	400	80	—20	60	—40	45	—55	20	—80	0	100
400	500	80	—25	60	—45	45	—60	20	—85	0	105

59. Примерные значения осевого биения при регулировании подшипников качения

Диаметр отверстия подшипника в мм		Конические ролико- подшипники				Радиально-упорные шарикоподшипники				Двойные упорные шарикоподшипники			
		Легкая серия		Легкая широ- кая, средняя и средняя ши- рокая серии		Легкая серия		Средняя и тяжелая серии		Легкая серия		Средняя и тяжелая серии	
Предел осевого биения в мм													
св.	до	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.
—	30	0,03	0,10	0,04	0,11	0,02	0,06	0,03	0,09	0,03	0,08	0,05	0,11
30	50	0,04	0,11	0,05	0,13	0,03	0,09	0,04	0,10	0,04	0,10	0,06	0,12
50	80	0,05	0,13	0,06	0,15	0,04	0,10	0,05	0,12	0,05	0,12	0,07	0,14
80	120	0,06	0,15	0,07	0,18	0,05	0,12	0,06	0,15	0,06	0,15	0,10	0,18

Для защиты от попадания пыли применяется несколько видов уплотнений.

Наиболее простыми являются уплотнения из войлока (фиг. 77).

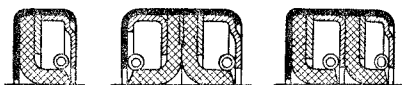


Фиг. 77. Войлочные и фетровые уплотнения: а — в трапециoidalной расточке; б — в штампованном кожухе; в — с автоматической подтяжкой с помощью пружины.

Перед установкой войлочные кольца пропитываются минеральным маслом.

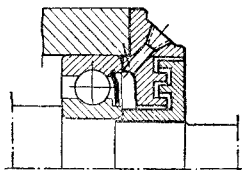
Кожаные уплотнения являются более эффективными (фиг. 78). Перед установкой на место их погружают в смесь, состоящую из 50% минерального масла и 50% керосина, подогретую до 50° С, и выдерживают в этой смеси около 5 мин.

Уплотнительные кольца изготавливаются также из пластмасс *.



Фиг. 78. Кожаные уплотнения.

Надежным типом уплотнений являются лабиринтные уплотнения (фиг. 79). При



Фиг. 79. Лабиринтные уплотнения.

монтаже узлов с такими уплотнениями должны быть строго выдержаны указанные в чертежах зазоры между вращающейся и неподвижной частью уплотнений. Нарушение этих зазоров может приводить к выходу из строя уплотнений и порче подшипников **.

Болтовые соединения

При затяжке болтовых соединений важно осуществлять постоянное усилие, достаточное для создания необходимой

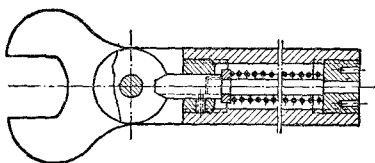
* См. гл. I, раздел «Изготовление неметаллических деталей».

** О подшипниках качения и уплотняющих устройствах см. также в т. I, стр. 402

плотности соединения, но не чрезмерное. Слишком сильная затяжка может вызвать разрыв болтов или поломки соединяемых деталей, а также повести к недопустимым деформациям или перенапряжению соединения. В обычных случаях создание нужного усилия обеспечивается применением ключа длиной, равной 15—20 диаметрам резьбы болта.

В особо ответственных случаях затяжка болтов должна производиться тарированным ключом, определяющим величину прилагаемого усилия. Одна из конструкций таких ключей приведена на фиг. 80.

Приступая к затяжке болтового соединения, необходимо проверить резьбу



Фиг. 80 Тарированный ключ.

болта и гайки. Гайка должна от усилия руки наворачиваться на резьбу до конца. Торец гайки при навинчивании не должен иметь бисния. Вставив болты в отверстия, следует смазать резьбу жидким маслом, а затем навернуть гайку на резьбовую часть болта.

Затяжку болтов ведут следующим образом: сперва затягивают все гайки с небольшим усилием. При этом необходимо производить затяжку гаек накрест лежащих. Затянув одну из них, начинают затягивать другую, расположенную по отношению к первой на таком же расстоянии от центра по диаметру или по диагонали. Затем переходят к другой паре и т. д., пока все гайки не будут затянуты равномерно.

При затяжке болтов, расположенных по прямой линии, следует начинать затяжку со средних болтов, а затем от средних переходить к крайним попеременно с обеих сторон.

При пользовании тарированным ключом затяжку ведут до тех пор, пока ключ не начнет пробуксовывать.

При сборке болтовых соединений необходимо уделять внимание мерам предупреждения самоотвинчивания винтов и гаек. Для машин, работающих в условиях ударной нагрузки или вибрации, ослабление соединений по этой причине

может приводить к весьма тяжелым авариям, особенно на молотах, кранах, встряхивающих формовочных машинах и др.

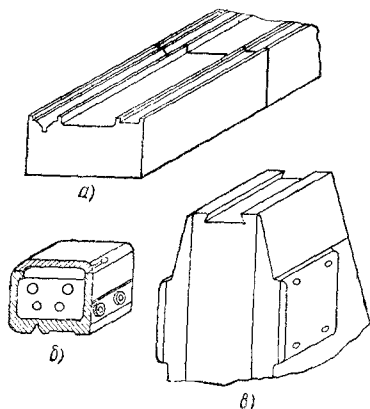
Пригонка стыков

В узлах машин часто встречаются поверхности, которые используются в качестве стыковых при соединении деталей друг с другом. К стыкам предъявляются различные требования, которые в основном сводятся к созданию необходимой плотности стыка. От качества пригонки стыков зависит жесткость узла, что имеет особое значение для металлорежущих станков (см. стр. 755).

Пригонка стыков ведется обычно механической обработкой, в частности, шлифовкой, а также припиловкой, шабрением, притиркой.

Стыки в картерах, содержащих смазку, а также стыки в гидросистемах и системах, действующих от сжатого воздуха в случаях, исключающих применение прокладок (наличие среды, разъедающей прокладку, особая ответственность соединения), должны пригоняться очень точно шабрением и притиркой.

В остальных случаях стыки, от которых требуется герметичность, уплотняются соответствующей прокладкой, обеспечивающей необходимую плотность



Фиг. 81. Стыковые соединения: а — стык частей станины; б — стык крышки с коробкой; в — стык крышки со станиной.

соединения. В качестве прокладок используются картон, клингерит, бумага, резина, свинец, красная медь, латунь и пр. (см. „Трубопроводные работы“ на стр. 472).

На фиг. 81 приведены примеры осуществления стыков.

Установка штифтов

Назначение штифтов — фиксировать взаимное положение двух соединенных деталей. В большинстве случаев штифты служат для облегчения установки детали в прежнее положение при последующих разборках и сборках машины и, как правило, нагрузок не несут, но в некоторых конструкциях штифты воспринимают силы сдвига и служат таким образом для разгрузки болтов или шпилек от изгибающих и срезающих усилий.

Штифты бывают конические и цилиндрические.

Отверстия под штифты обрабатываются сверлением и развертыванием. Сверление под штифты целесообразно производить в обеих соединяемых деталях одновременно, предварительно скрепив их с помощью болтов или струбцин. Когда это невозможно, допустимо сверление отверстий в каждой детали отдельно при условии совместного развертывания отверстий в обеих деталях после их скрепления.

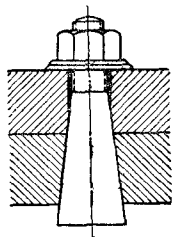
Для конических штифтов стандартизован конус 1 : 50. Этот конус имеют выпускающиеся промышленностью конические развертки. Отверстия под конические штифты обрабатываются при помощи разверток, а штифты шлифуются по конусному калибру. Штифт вставляется

в отверстие легкими ударами молотка из мягкого материала (свинца, меди).

Цилиндрические штифты делятся на гладкие, штифты с насечкой и штифты с резьбовым хвостовиком.

Штифты должны точно пригоняться по отверстию.

Разновидностью штифта является призонный болт (фиг. 82), конус которого имеет уклон 1 : 20. Призонный болт имеет то же назначение, что и штифт, но служит одновременно и крепежной деталью.



Фиг. 82. Призонный болт.

Сборка ременных и цепных передач

При сборке ременных и цепных передач необходимо руководствоваться следующим:

1) оси валов должны быть взаимно параллельными;

2) среднее сечение звездочек или шкивов должно лежать в одной плоскости;

3) шаг цепи должен точно соответствовать шагу зубьев звездочки;

4) цепь передачи должна иметь нормальную величину провисания и работать без ударов и вибрации; допускается равномерный небольшой шум;

5) при работе ременной передачи ремень не должен сбегать на одну сторону и свешиваться за край шкива;

6) шов ремня не должен ударять по шкиву при работе.

Расстояние между валами и параллельность осей валов проверяется в процессе монтажа стихмасами. Отсутствие перекоса валов (расположение в одной плоскости) проверяется уровнем.

Обычно шкивы и звездочки изготавливаются парами одинаковой ширины. Поэтому совмещение осей среднего сечения шкивов или звездочек можно контролировать линейкой и щупом по торцовым поверхностям этих деталей.

Натяжные ремня должно быть достаточным, чтобы не имелось пробуксовывания.

Чрезмерное натяжение ремня снижает его долговечность и увеличивает давление на опоры.

Для обеспечения эластичности в работе цепной передачи цепь должна иметь некоторое провисание.

Стрела провисания должна быть равна 0,02l для горизонтальных и наклонных до 45° передач (l — расстояние между центрами звездочек).

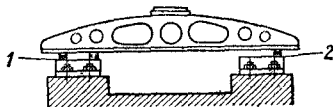
Сборка зубчатых и червячных передач

При монтаже цилиндрических зубчатых передач должна быть обеспечена:

а) параллельность осей передачи в двух взаимно-перпендикулярных плоскостях;

б) предусмотренные ТУ радиальный и боковой зазоры и правильное прилегание рабочих поверхностей зубьев;

в) правильное расположение осей передачи по отношению оси привода и рабочего механизма.



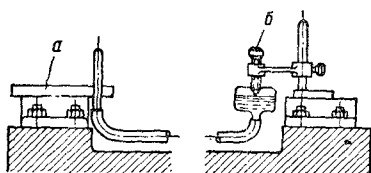
Фиг. 83. Выверка опор под подшипники.

Если передача монтируется в редукторе, первые два условия обеспечиваются при изготовлении корпуса редуктора.

Монтаж передачи, монтируемой на регулируемых опорах (на раме, фундаменте), следует вести в такой последовательности:

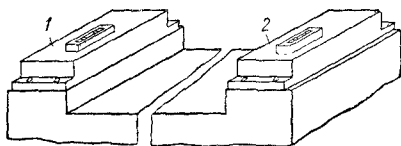
- 1) выравнивание и выверка поверхностей, на которых должны базироваться опоры передачи (корпусы подшипников);
- 2) монтаж опор валов зубчатых колес с одновременной выверкой взаимного положения осей передачи.

Плоскости 1 и 2 под опоры (фиг. 83) выравнивают и выверяют по линейке и щупу или плоскопараллельным плиткам. При большем расстоянии между опорами выверка плоскостей 1 и 2 ведется при помощи сообщающихся сосудов (фиг. 84). Совпа-



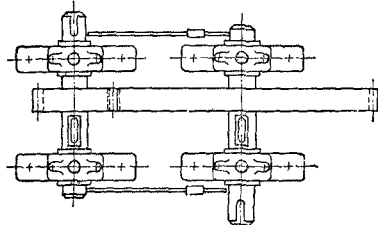
Фиг. 84. Выверка опор под подшипники при помощи водяного зеркала сообщающихся сосудов.

дение плоскостей с уровнем жидкости проверяют линейкой *a* или микрометрическим винтом *б*. Кроме того, уровнем выверяют взаимную параллельность плоскостей 1 и 2 (фиг. 85).



Фиг. 85. Проверка уровнем взаимной параллельности поверхностей под опоры подшипников.

После подготовки плоскостей монтируют опоры и валы, одновременно про-



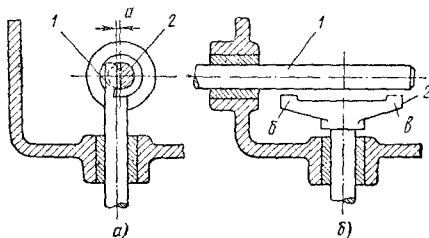
Фиг. 86. Проверка параллельности валов при помощи штитмасов.

веряя штитмасом и уровнем расстояние между осями валов и взаимную их параллельность (фиг. 86).

Цилиндрические шестерни монтируют в передачах по средней линии обоих колес. Допускаемое отклонение не должно превышать 0,5 мм. Остальные элементы зацепления должны быть в пределах допусков, предусмотренных ГОСТ 1643-55*.

При монтаже конических передач необходимо обеспечивать совмещение и взаимную перпендикулярность осей конических шестерен.

Проверку совмещения скрещивающихся осей ведут с помощью двух цилиндрических оправок 1 и 2, вставленных в отверстия для валов конических шестерен (фиг. 87, а). Концы этих оправок срезаны



Фиг. 87. Проверка осей конических колес.

на половину диаметра. Величину пролета *a* измеряют щупом.

Перпендикулярность осей проверяют с помощью цилиндрической оправки 1 и оправки 2, имеющей два выступа *б* и *в*, плоскости которых перпендикулярны оси (фиг. 87, б). Величину отклонения измеряют щупом.

Установку конических колес производят предварительно по их торцам. Окончательную установку ведут проверкой на краску.

Для обеспечения нормального радиального и бокового зазора в конической передаче смещают детали на валах или опоры вместе с деталями **.

Проверка величины радиального и бокового зазоров производится щупом или свинцовой пластинкой, которая прокатывается между зубьями.

Правильно собранная червячная передача должна отвечать следующим условиям:

- 1) оси червяка и средней плоскости червячного колеса должны совпадать;
- 2) должны быть выдержаны межцентровые расстояния и величины радиального и бокового зазоров;

* См. т. I, стр. 527

** Нормы контакта и бокового зазора для конических передач по ГОСТ 1758-56 см. т. I, стр. 533.

3) должна быть соблюдена перпендикулярность осей червячной передачи;

4) выдержаны условия зацепления, предусмотренные ТУ*.

Совпадение осей червяка и средней плоскости червячного колеса определяют с помощью отвеса или шаблона, а также по величине и расположению пятен, полученного на червячном колесе при проворачивании окрашенного червяка. Радиальный зазор определяют щупом или по оттиску свинцовой пластинки.

Осовой зазор определяют по оттиску свинцовой пластинки, щупом или путем определения мертвого хода, т. е. угла поворота червяка при неподвижном колесе.

Для определения мертвого хода на вал червяка надсаживают диск с делениями, а к одному из зубьев червячной шестерни подводят мерительный стержень индикатора. Вращая червяк до начала движения стрелки индикатора, определяют по диску угловое перемещение.

Осовой зазор в червячной передаче может определяться также поворачиванием червячного колеса при застопоренном червяке. Для этого индикатор устанавливают так, чтобы его мерительный стержень упирался в зуб червячной шестерни.

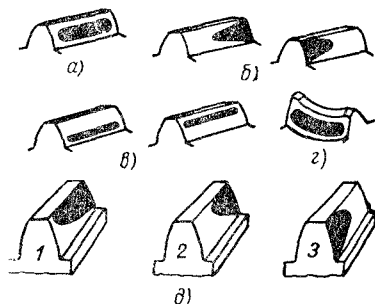
Для определения перекаса осей в редуктор червячной передачи устанавливают фальшивые валы и с помощью индикатора определяют величину отклонения (фиг. 88).

Правильность зацепления определяют по величине

и расположению пятен на червячном колесе при вращении окрашенного червяка. Пятна от зацепления должны быть расположены на рабочей поверхности зуба симметрично. Несимметричное расположение пятен указывает на дефекты в монтаже зубчатой передачи, требующие исправления. На фиг. 89 приведена схема расположения пятен касания зубчатого зацепления при обкатке.

При грубом нарушении условий зацепления цилиндрических, конических и

червячных передач исправляют дефекты повторной сборкой или заменой негодных деталей.



Фиг. 89. Схема зацепления зубчатых передач: а — при нормальном зацеплении цилиндрических колес; б — при перекасе осей; в — при неправильном межосевом расстоянии; з — при нормальном зацеплении червячной пары; д — при зацеплении конических колес: 1 — нормальное зацепление; 2 и 3 — неправильное зацепление.

При незначительных отклонениях исправление зацепления производят путем приработки пары пастой ГОИ.

Балансировка вращающихся деталей и узлов

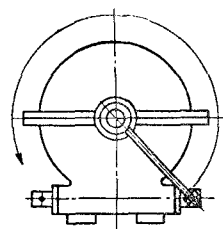
Вследствие неточности изготовления и сборки или неоднородности материала у быстро вращающихся деталей и узлов машин наблюдаются следующие виды неуравновешенности, вызывающие дополнительные напряжения в деталях, вибрации и преждевременный износ механизмов:

а) *статическая неуравновешенность*, характеризующаяся смещением центра тяжести детали относительно оси ее вращения (встречается главным образом у деталей, толщина которых значительно меньше диаметра: у дисков, шкивов, маховиков и т. п.) (фиг. 90);

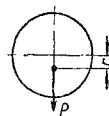
б) *динамическая неуравновешенность*, характеризующаяся наличием неуравновешенных масс (весов), при расположении центра тяжести на оси вращения (фиг. 91);

в) *смешанная неуравновешенность*, характеризующаяся наличием статической и динамической неуравновешенности (фиг. 92).

Статическая неуравновешенность приводит к возникновению центробежной силы, проходящей через центр тяжести и



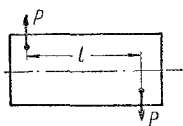
Фиг. 88. Определение перекаса валов редуктора.



Фиг. 90. Схема статической неуравновешенности детали.

* Допуски на червячные передачи регламентированы ГОСТ 3675-56 (см. т. I, стр. 539).

действующей в плоскости, перпендикулярной к оси вращения. Динамическая неуравновешенность приводит к возникновению пары центробежных сил, действующей в плоскости, проходящей через ось вращения.



Фиг. 91. Схема динамической неуравновешенности детали.



Фиг. 92. Схема смешанной неуравновешенности детали.

Указанное определяет применение двух методов балансировки: статического и динамического.

Статическая балансировка имеет цель:

- а) выявить величину массы (веса), вызывающей появление центробежной силы;
- б) выявить величину радиуса приложения указанной массы (веса);
- в) устранить влияние неуравновешенности.

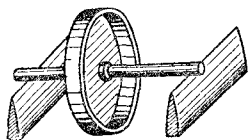
Динамическая балансировка имеет цель:

- а) выявить величину пары сил, вызывающей появление центробежных сил, и плоскость действия этой пары;
- б) устранить влияние неуравновешенности.

Статическая балансировка применяется в случаях, когда диаметр детали больше ее длины, когда же длина детали больше ее диаметра, применяют динамическую балансировку.

Способы статической балансировки

Балансировка с помощью приспособления с параллельными опорами. Проверяемое изделие своими опорными шейками (или оправка, вставленная в центральное отверстие изделия) кладется на опорные поверхности приспособления, предста-



Фиг. 93. Схема приспособления для статической балансировки с ножевыми направляющими.

вляющие собой ножевые направляющие (фиг. 93), вращающиеся диски или ролики (фиг. 94).

При наличии неуравновешенности (дисбаланса) проверяемое изделие будет поворачиваться вокруг оси, проходящей через центры тяжести. Поворот прекратится, когда утяжеленная его часть займет самое низкое положение.

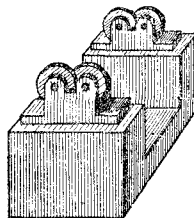
Пользуясь уравнением статических моментов

$$m_1 r_1 = m_2 r_2$$

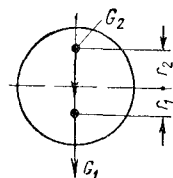
или

$$G_1 r_1 = G_2 r_2,$$

определяют величину и радиус приложения уравнивающей силы, при этом обычно радиусом приложения силы задаются (фиг. 95). Расчет подтверждается путем приложения пробных грузов, например пластилина; при уравновешенном состоянии изделие останавливается в любом положении.



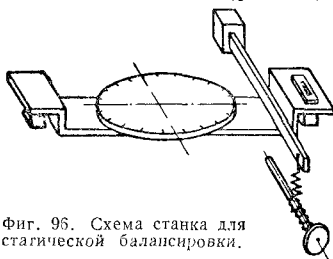
Фиг. 94. Схема приспособления для статической балансировки с вращающимися опорами.



Фиг. 95. Схема уравнивания добавлением груза.

Балансировка может осуществляться как путем добавления уравнивающего груза с креплением его винтами, пайкой или сваркой или заливкой свинцом просверленных отверстий, так и путем удаления металла со стороны утяжеленной части (сверлением, фрезеровкой, эксцентричной проточкой, шлифовкой излишнего металла).

Балансировка на станках. Проверяемое изделие устанавливается на опорной поверхности диска станка (фиг. 96). Диск



Фиг. 96. Схема станка для статической балансировки.

предварительно устанавливается горизонтально с помощью пружинного регу-

лятора, действующего на люльку станка. При наличии неуровновешенности (дисбаланса) у проверяемого изделия в плоскости, перпендикулярной к продольной оси станка, люлька станка, связанная с диском, будет поворачиваться вокруг горизонтальной оси. Вследствие этого изменится натяжение пружины регулятора. Путем поворота рукоятки маховика, связанного с пружиной, диск с изделием снова возвращают в первоначальное положение, что фиксируется уровнем. Величину дисбаланса в данной плоскости определяют по углу поворота маховика регулятора (величина дисбаланса пропорциональна изменению натяжения пружины). После этого диск с проверяемым изделием поворачивают на 90° и измеряют аналогично предыдущему дисбаланс в плоскости, перпендикулярной к первой.

По полученным величинам дисбаланса в двух взаимно перпендикулярных плоскостях находят искомую величину дисбаланса и ее расположение.

Способы динамической балансировки

Динамическая балансировка обычно производится на балансировочных станках, а в отдельных случаях — с помощью специальных приспособлений в собственных подшипниках.

Станки, предназначенные для балансировки, разделяются на:

- а) работающие по методу измерения неуровновешенных инерционных масс и
- б) работающие по методу компенсации неуровновешенных инерционных масс путем пробных нагружений механическими или электрическими средствами.

Наибольшее применение нашла первая группа станков в связи с большей точностью и удобством пользования. Ниже приводятся наиболее часто встречающиеся методы балансировки с помощью этих станков. Принцип действия указанных станков и приборов основан на учете особенностей вращения изделия, имеющего динамический дисбаланс. При вращении такое изделие будет стремиться вращаться вокруг оси, проходящей через центры тяжести двух его половин. Ось вращения изделия будет описывать при этом два противоположных конуса. Вследствие этого центры опор при их свободном перемещении будут описывать окружности, а опоры будут смещаться.

Станки для балансировки обеспечивают возможность колебаний опор только

в одной плоскости, проходящей через ось изделия. С помощью разнообразных устройств измеряется величина колебаний. Для нахождения величины и расположения уравнивающих масс (весов) принимается во внимание следующее:

- а) амплитуда колебаний пропорциональна инерционным массам;
- б) между фазой колебаний и местом расположения уравнивающей массы (веса) имеется постоянная фазовая поправка.

Для приложения (удаления) уравнивающих масс (весов) выбираются две плоскости уравнивания, перпендикулярные к оси вращения изделия и лежащие по возможности рядом с опорами.

Балансировка производится различными приемами. Наиболее характерными из них являются балансировка относительно неподвижной оси и балансировка на опорах.

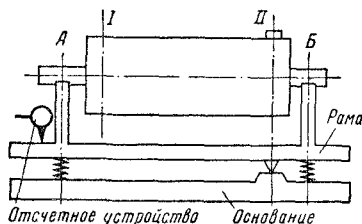
Балансировка относительно неподвижной оси. Проверяемое изделие своими опорными шейками (или оправка, вставленная в центральное отверстие изделия) устанавливается в подшипниковые опоры.

В качестве уравнивающих плоскостей приняты плоскости *I* и *II* (фиг. 97 и 98).



Фиг. 97. Схема динамической балансировки относительно неподвижной оси.

Если предоставить возможность вращающемуся изделию в случае его неурав-



Фиг. 98. Схема станка для динамической балансировки относительно неподвижной оси.

новешенности совершать колебания около неподвижной оси, проходящей, например,

через опору A , то колебания системы будут прямо пропорциональны вызвавшим их инерционным силам.

В целях прекращения колебаний в плоскость уравнивания II добавляют уравнивающую массу (вес). Величина веса определяется из соотношения

$$B'L = \frac{1}{g} G_2 r \omega^2 (a + l)$$

(B' — сила реакции опоры B);

$$G_2 = B' \frac{g}{r_2 \omega^2} \cdot \frac{L}{a + l}$$

После уравнивания дают возможность проверяемому изделию колебаться вокруг оси, проходящей через опору B .

В целях прекращения колебаний опоры A в плоскостях I и II необходимо добавить уравнивающие грузы, величины весов которых определяются из следующих соотношений:

$$G_1 = A' \frac{g}{r_1 \omega^2} \cdot \frac{a + l}{l};$$

$$G_{2a} = -A' \frac{g}{r_{2a} \omega^2} \cdot \frac{a}{l}$$

(A' — сила реакции опоры A).

Если плоскости уравнивания находятся рядом с опорами, то надобность в грузе G_{2a} отпадает (отношение $\frac{a}{l}$ будет незначительно).

Балансировочные станки, работающие по этому методу, часто имеют качающуюся раму (фиг. 98). В этом случае точки качания системы расположены в плоскостях уравнивания.

Балансировка производится с помощью двух грузов, каждый из которых будет равен

$$G_1 = A' \frac{g}{r_1 \omega^2};$$

$$G_2 = B' \frac{g}{r_2 \omega^2}.$$

Величины опорных реакций определяются исходя из амплитуды колебаний поддерживающих пружин и их жесткости.

Амплитуда колебаний в большинстве случаев измеряется с помощью чувствительных электрических устройств.

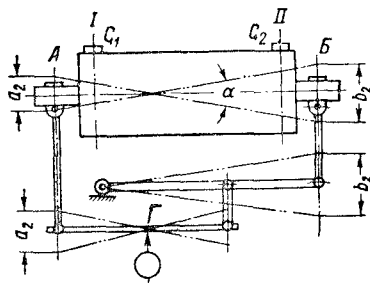
В месте колебания опор устанавливается катушка, перемещающаяся под влиянием колебаний в поле постоянного магнита.

При этом в витках катушки возникает переменный ток, амплитуда которого пропорциональна амплитуде колебаний опоры.

Фаза тока зависит от места расположения дисбаланса у проверяемого изделия.

Балансировка на качающихся опорах. Перед проведением измерения в подшипниковые опоры станка устанавливается полностью уравновешенное изделие. Если в плоскость уравнивания II добавить груз весом G_2 , то вследствие дисбаланса возникнут колебания опоры A и B . При этом ось вращения изделия будет смещаться в пределах угла α . Колебания опор передаются на систему устройств, связывающих эти две опоры таким образом, что на завершающем звене этой системы имеется точка, положение которой будет неизменным при различных величинах дисбаланса в плоскости II — II .

В случае механических связей элементов системы, что используется весьма редко, так как не обеспечивается необходимая точность измерения, опоры связаны между собой системой рычагов (фиг. 99). При этом завершающим звеном является рычаг Γ , концы точки которого получают путем настройки одинако-



Фиг. 99. Схема станка для динамической балансировки на качающихся опорах с механическими связями элементов системы.

вые, но направленные в разные стороны смещения, соответствующие величине смещения одной из опор, например опоры A . Тогда средняя точка рычага Γ не будет получать смещения в случае изменения дисбаланса в плоскости II .

Если в другую уравнивающую плоскость поместить груз весом G_1 , то появятся дополнительные колебания опор A и B . Вследствие этого указанная выше средняя точка рычага Γ будет совершать вокруг правой точки рычага колебательные движения (колебания самой правой точки будут относительно

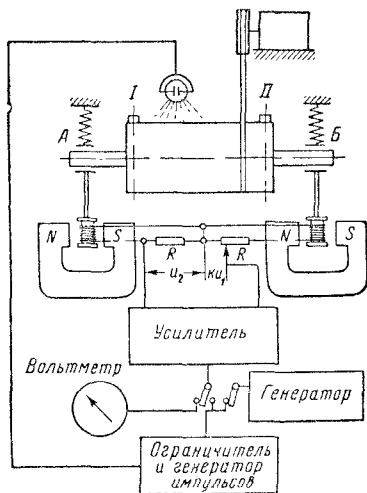
малы, и ими можно пренебречь). Амплитуда этих колебаний пропорциональна величине дисбаланса в плоскости *I*.

Аналогичная схема, но с обратным расположением элементов схемы, предусмотрена для измерения амплитуды колебаний с изменением дисбаланса в плоскости *II*.

Установив в указанных точках измерительные устройства, производят с их помощью измерение величины амплитуды колебаний (пропорциональной дисбалансу в плоскостях уравнивания) у проверяемого изделия, которое устанавливается на место эталона. Для определения углового расположения искомой силы используются дополнительные электрические связи, о которых будет сказано ниже.

Чаще в рассматриваемых станках вместо механической связи элементов используется электрическая, обеспечивающая необходимую точность измерения.

На фиг. 100 представлена принципиальная схема одного из станков.



Фиг. 100. Схема станка для динамической балансировки на качающихся опорах с электрической связью элементов.

Каждая из опор изделия связана с катушкой, перемещающейся в поле постоянного магнита. Вследствие наличия дисбаланса у проверяемой детали катушки будут иметь колебания и в них появятся токи, напряжения которых будут пропорциональны амплитудам колебания опор (величине дисбаланса).

Для устранения влияния неуравновешенности одной стороны балансируемой детали на показания приборов при уравнивании другой применяется решающее

устройство (потенциометры), с помощью которого производят выравнивание напряжений.

Для выравнивания напряжений служит переменное напряжение $U = U_0 - kU_1 = 0$, где k — коэффициент, зависящий от расположения потенциометра R .

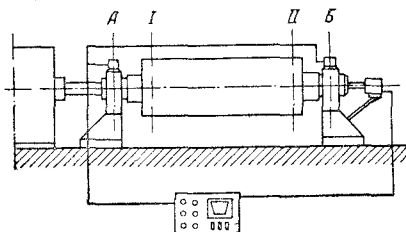
После выравнивания напряжений любое изменение дисбаланса в правой части детали не скажется на показаниях приборов, предназначенных для измерения напряжений.

Если в плоскости *I* уравнивания появится дисбаланс, то это вызовет изменение колебаний катушек, а вслед за ними и соответствующих напряжений. Эти напряжения не будут уравновешены, вследствие чего стрелка вольтметра для измерения напряжений будет показывать отклонение, величина которого пропорциональна величине дисбаланса в плоскости *I*.

Аналогичная электрическая связь только с обратным расположением элементов предусмотрена для измерения напряжений во второй цепи, которая предназначена измерять амплитуду колебаний другой опоры при наличии дисбаланса в ближайшей к ней плоскости уравнивания.

Для определения углового расположения искомой силы схема подключается к генератору, ротор которого выполнен как постоянный магнит, а статор состоит из двух катушек, расположенных под углом 90° . При предварительной настройке добиваются такого положения статора, при котором показания ваттметра будут равны нулю. При проведении измерений проверяемого изделия вследствие изменений показаний ваттметра статор поворачивают в новое положение, при котором показание ваттметра становится равным нулю. По углу смещения статора из первоначального положения в рассматриваемое определяют угловое расположение инерционной массы.

Балансировка с помощью специального прибора типа ПБ-1. В отличие от рассмотренных ранее методов прибор ПБ-1



Фиг. 101. Схема расположения аппаратуры при пользовании балансирующим прибором ПБ-1.

позволяет производить балансировку в собственных подшипниках на рабочей скорости.

Опоры проверяемого изделия непосредственно связываются с приемными элементами прибора — виброметрами. Ток от виброметра и измерительного генератора через узлы электрического эталонирования пульта попадает на усилитель, а от него на ваттметр.

ТРУБОПРОВОДНЫЕ РАБОТЫ

Общие сведения

Условными проходами труб, арматуры и фитингов называются их внутренние диаметры, принимаемые с округлением, на которые производится расчет трубопроводов (табл. 60).

60. Условные проходы труб, арматуры и фитингов (ГОСТ 355-52)

Диаметр условных проходов D_y в мм	Соответствующая резьба арматуры, фитингов и труб в дюймах	Диаметр условных проходов D_y в мм	Соответствующая резьба арматуры, фитингов и труб в дюймах	Диаметр условных проходов D_y в мм
3	$1/8$	200	8	800
6	$1/4$	(225)	(49)	900
(8)	—	250	10	1000
10	$3/8$	(275)	(11)	1200
15	$1/2$	300	12	1400
20	$3/4$	(325)	(13)	1600
25	1	350	14	1800
32	$1 1/4$	(375)	(15)	2000
40	$1 1/2$	400	16	2200
50	2	(425)	17	2400
(60)	—	450	18	2600
70	$2 1/2$	(475)	—	2800
80	3	500	20	3000
(90)	($3 1/2$)	(550)	(22)	3200
100	4	600	24	3400
125	5	(650)	—	3600
150	6	700	—	3800
(175)	7	(750)	—	4000

Примечания: 1. На трубопроводах и их деталях с условным проходом выше 600 мм резьба не применяется.

2. Условные проходы, заключенные в скобки, применять не рекомендуется.

3. Условные проходы: 13, 16, 38, 45, 55, 110, 140 и 150 мм допускается применять для арматуры и трубопроводов особого назначения.

Рабочим давлением называется предельное давление, на котором допускается работа трубопроводов и их деталей.

Пробным давлением называется давление, при котором трубопровод, арматура и соединительные части испытываются на прочность.

Соответствующие принятому ряду условных давлений пробные и рабочие давления (манометрические) по ГОСТ 356-52 для арматуры и соединительных частей трубопроводов приведены в табл. 61—64.

После гидравлического испытания на прочность пробным давлением $p_{пр}$ арматура в сборе подвергается испытаниям на герметичность затвора, сальниковой набивки, прокладок гидравлическим давлением, равным условному давлению p_y^* .

Арматура и соединительные части трубопроводов для рабочего давления ниже 1 кг/см^2 испытываются на прочность и плотность пробным давлением, превышающим на 1 кг/см^2 рабочее давление.

Арматура и соединительные части трубопроводов, предназначенные для работы в условиях вакуума, подвергаются испытанию пробным давлением не менее $1,5 \text{ кг/см}^2$.

Трубы

Виды и сортамент труб. При выборе труб надлежит руководствоваться приведенными в табл. 65 данными о назначении различных видов труб.

Размеры стальных водогазопроводных (газовых) труб, с которыми наиболее часто приходится иметь дело при ремонте оборудования, приведены в табл. 66.

Резка труб и нарезание резьбы. Отрезка труб производится обычно слесарными подвижными ножовками или труборезами.

Труборезы с тремя резами выпускаются следующих размеров:

Диаметр труб, на который рассчитан труборез, в мм	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
8—25	25—50	50—75	75—100	
Длина трубореза в мм	320	350	495	560
Диаметр винта в мм	18	19	21	25
Приблизительный вес в кг	2,5	3,5	6	8

Отрезание труб на месте можно производить при помощи трубовырезывателей.

* О ремонте арматуры см. в разделах „Пиртирка“ (стр. 443) и „Ремонт котельных установок“ (гл. VI).

Условными давлениями называется нормальный ряд давлений, на которые должны рассчитываться трубопроводы и их детали.

61. Давления для арматуры и соединительных частей трубопроводов из углеродистых сталей

Условные давления p_y в кг/см^2	Пробные давления (водой при температуре ниже 100°C) $p_{пр}$ в кг/см^2	Рабочие наибольшие давления при температурах среды в $^\circ\text{C}$ в кг/см^2						
		до 200	250	300	350	400	425	450
1	2	1	1,0	1,0	0,7	0,6	0,6	0,5
2,5	4	2,5	2,3	2,0	1,8	1,6	1,4	1,1
4	6	4	3,7	3,3	2,9	2,6	2,3	1,8
6	9	6	5,5	5,0	4,4	3,8	3,5	2,7
10	15	10	9,2	8,2	7,3	6,4	5,8	4,5
16	24	16	15	13	12	10	9	7
25	38	25	23	20	18	16	14	11
40	60	40	37	33	30	28	23	18
64	96	64	59	52	47	41	37	29
100	150	100	92	82	73	64	58	45
160	240	160	147	131	117	102	93	72
200	300	200	184	164	146	128	116	90
250	350	250	230	205	182	160	145	112
320	430	320	294	262	234	205	185	144
400	520	400	368	328	292	256	232	180
500	625	500	460	410	365	320	290	225

62. Давления для арматуры и соединительных частей трубопроводов из молибденовой и хромомолибденовой стали с содержанием молибдена не менее 0,4%

Условные давления p_y в кг/см^2	Пробные давления (водой при температуре ниже 100°C) $p_{пр}$ в кг/см^2	Рабочие наибольшие давления при температурах среды в $^\circ\text{C}$ в кг/см^2								
		350	400	425	450	475	500	510	520	530
1	2	1	0,9	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,4
2,5	4	2,5	2,3	2,1	2,0	1,8	1,4	1,2	1,1	0,9
4	6	4	3,6	3,4	3,2	2,8	2,2	2,0	1,7	1,4
6	9	6	5,5	5,1	4,8	4,3	3,3	3,0	2,6	2,2
10	15	10	9,1	8,6	8,1	7,1	5,5	5,0	4,3	3,6
16	24	16	15	14	13	11	9	8	7	6
25	38	25	23	21	20	18	14	12	11	9
40	60	40	36	34	32	28	22	20	17	14
64	96	64	58	55	52	45	35	32	28	23
100	150	100	91	86	81	71	55	50	43	36
160	240	160	145	137	130	114	88	80	69	57
200	300	200	182	172	162	142	110	106	86	72
250	350	250	227	215	202	177	137	125	108	90
320	430	320	291	275	259	227	176	160	137	115
400	520	400	364	344	324	284	220	200	172	144
500	625	500	455	430	405	355	275	250	215	180
640	800	640	580	550	518	454	352	320	275	230

63. Давления для арматуры и соединительных частей трубопроводов, выполненных из чугуна

Условные давления p_y в кг/см^2	Пробные давления (водой при температуре ниже 100°C) $p_{пр}$ в кг/см^2	Наибольшие рабочие давления при температуре среды в $^\circ\text{C}$ в кг/см^2			
		до 120	200	250	300
1	2	1,0	1	1	1
2,5	4	2,5	2,5	2,5	2
4	6	4	3,8	3,6	3,2
6	9	6	5,5	5	5
10	15	10	9	8	8
16	24	16	15	14	13
25	38	25	23	21	20
40	68	40	36	34	32

65. Сортамент стальных труб и область их применения

Наименование труб и ГОСТ	Размеры в мм				Область применения
	наибольшие		наименьшие		
	Наруж- ный диа- метр	Тол- щина стенки	Наруж- ный диа- метр	Тол- щина стенки	
Стальные водо-газопро- водные (газовые), ГОСТ 3262-55 (см. табл. 66)	165	5,5	13,5	2,25	Для внутрицеховых и других комму- никаций водопроводов, воздухопрово- дов, паропроводов низкого давления ($p_y \leq 16 \text{ кг/см}^2$, температура не выше 200° С), конденсаторов, нефтепро- дуктов (мазут, масла, дизельное то- пливо, керосин)
Стальные электросвар- ные общего назначения, ГОСТ 1753-53: неволоченые волоченые	152 63,5	5,5 2,5	6,3 5,0	0,5 0,5	Для воздухоподогревателей паровых котлов (тонкостенных), импульсных труб взамен красномедных, различных теплообменных аппаратов нормального давления и др.
Стальные электросвар- ные специального назначе- ния: МПТУ 2702-50 МПТУ 2599-50 МПТУ 4154-53 для паровых котлов, МПТУ 4355-53	33 45 51 51 *	2 1,5 2,5 2,5 *	8 22 25 —	1 1,5 2,5 —	Для трубчатых холодильников ком- прессоров Для теплообменных аппаратов Для пароперегревателей и как дымо- гарные, для локомотивных котлов —
Стальные электросвар- ные больших диаметров, ГОСТ 4015-52	1420	14	426	7	Для магистральных паропроводов, ($p_y \leq 16 \text{ кг/см}^2$, температура не выше 300° С), газопроводов и воздухопро- водов
Стальные бесшовные общего назначения, ГОСТ 301-50: тонкостенные ** прочие тянутые ** горячекатаные из углеродистой стали марок 10, 20, 35, 45 и 55 **	133 130 426	3,5 12 40	5 23 57	0,5 2,5 3,5	Для пароперегревателей, змеевико- вых водяных экономайзеров, дымогар- ных труб паровых котлов, питатель- ных водяных трубопроводов и паровых коммуникаций котельных, продувоч- ных и дренажных трубопроводов пар- овых котлов ($p_y \leq 22 \text{ кг/см}^2$, темпе- ратура не выше 300° С), большие диа- метры — для паропроводов, толсто- стенные — для коммуникаций к гидро- аккумуляторным установкам гидро- прессов и др.
Котельные общего на- значения из стали марок 10 и 20, ГОСТ 3099-46	108	10	22	2,5	Для поверхностей нагрева
Стальные паропроводные общего назначения, сорта- мент по ГОСТ 301-50, техни- ческие условия по ГОСТ 3100-46	426	25	114	4	Для паропроводов с температурой пара не выше 300° С

* Трубы этого наименования выпускаются только одного указанного здесь размера.
** По каждому диаметру труб большой выбор толщин стенки.

* Трубы этого наименования выпускаются только одного указанного здесь размера.

** По каждому диаметру труб большой выбор толщин стенки.

Продолжение табл. 65

Наименование труб и ГОСТ	Размеры в мм				Область применения
	наибольшие		наименьшие		
	Наруж- ный диа- метр	Тол- щина стенки	Наруж- ный диа- метр	Тол- щина стенки	
Стальные нержавеющие разного назначения: для сверхвысокого дав- ления из аустенитных марок сталей, ЧМТУ 2884-51 и 2885-51	299	37	16	3	Для трубопроводов, коллекторов, паропроводов
тонкостенные, МПТУ 4233-53	32 *	5,5 *	—	—	Для установок сверхвысокого дав- ления
тонкостенные разного назначения, МПТУ 4340-53	28	0,5	25	0,5	—
МПТУ 2397-49	20 *	2 *	—	—	—
МПТУ 4384-54	17 *	3 *	—	—	—

* Трубы этого наименования выпускаются только одного указанного здесь размера.

* Трубы этого наименования выпускаются только одного указанного здесь размера.

66. Размеры и вес стальных водо-газопроводных (газовых) труб с резьбой и муфтами
(ГОСТ 3262-55)

Диаметр условного прохода в мм	Наружный диаметр в мм	Толщина стенки труб в мм		Теоретический вес в кг		
		обыкно- венных	усиленных	1 пог. м труб без муфт		муфты на 1 пог. м трубы из расчета одна муфта на 5 м
				обыкно- венных	усиленных	
8	13,50	2,25	2,75	0,62	0,73	—
10	17,00	2,25	2,75	0,82	0,97	—
15	21,25	2,75	3,25	1,25	1,41	0,013
20	26,75	2,75	3,50	1,63	2,01	0,022
25	33,50	3,25	4,00	2,42	2,91	0,038
32	42,25	3,25	4,00	3,13	3,77	0,048
40	48,00	3,50	4,25	3,84	4,58	0,090
50	60,00	3,50	4,50	4,88	6,16	0,126
70	75,50	3,75	4,50	6,64	7,88	0,220
80	88,50	4,00	4,75	8,34	9,81	0,260
100	114,00	4,00	5,00	10,85	13,44	0,460
125	140,00	4,50	5,50	15,04	18,24	0,660

Для нарезания резьб на трубах на месте может применяться приспособление, приведенное на фиг. 102. Приспособление состоит из цилиндрического корпуса, на одном конце которого имеется гнездо для крепления резьбовых плашек (лерки), а на другом — шейка для крепления храповика. Последний находится в зацеплении с трещоткой. Круглая гайка, навинченная на нарезанную часть шейки корпуса, удерживает храповик и рукоятку трещотки от осевого смещения. Через внутреннее отверстие шейки корпуса прохо-

дит центрирующая трубка, имеющая на одном конце коническую заточку с четырьмя диаметрально противоположными прорезями.

Внутри центрирующей трубки находится винт фрикционного зажима, оканчивающийся с одной стороны конусом, соответствующим конической заточке центрирующей трубки, а с другой — резьбой под гайку. Для более надежного упора гайки в центрирующую трубку при закреплении в нарезанной трубе служит концевая шайба, надеваемая на свободный конек

центрирующей трубки. Перед началом нарезания центрирующая трубка вставляется в нарезаемую трубу и закрепляется в ней фрикционным натяжным винтом. Наличие трещотки с переключателем позволяет производить нарезание и свинчивание плашек после окончания нарезания без полного оборота рукоятки, что очень важно при выполнении работы в труднодоступных местах.

Гибка труб. Гибку труб производят холодным или горячим способом, с наполнителями и без наполнителей, вручную или механически.

Для загибки выбирают трубы с плюсовым допуском по толщине стенки; при разностенности более толстую сторону располагают на наружной сторонегиба.

Длина трубы вычисляется по формуле

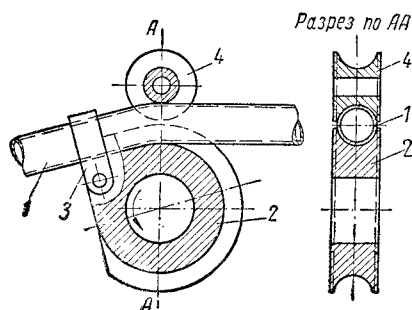
$$L = 0,0175\alpha R \text{ мм},$$

где α — угол изгиба в град.; R — радиус изгиба трубы в мм.

Загибка труб холодным способом. Загибку труб с наружным диаметром до 108 мм производят обычно холодным способом.

Холодная загибка труб без заполнения их песком осуществляется на специальных трубогибочных станках.

Применяются две основные схемы холодной загибки труб: загибка роликом без дорна (фиг.103) и загибка с дорном (фиг. 104).

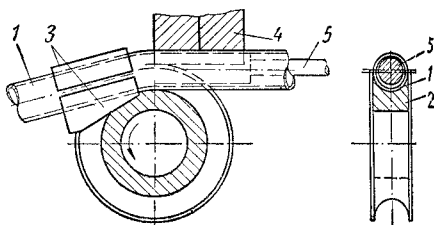


Фиг. 103. Схема гибки трубы роликом без дорна; 1 — изгибаемая труба; 2 — рабочий сектор с ручьем для размещения изгибаемой трубы; 3 — зажим для закрепления трубы; 4 — прижимной ролик.

При загибке труб роликом без дорна трубу помещают в ручьях рабочего сектора и ролика; труба укрепляется зажимом к рабочему сектору. Для получения качественногогиба необходимо, чтобы внеш-

ний радиус трубы точно соответствовал радиусу ручьев рабочего сектора и ролика, так как тогда сектор и ролик препятствуют овализации трубы в процессегибки.

При загибке труб с дорном труба надевается на дорн и снаружи охватывается ручьями рабочего сектора и желоба.



Фиг. 104. Схема гибки трубы с дорном: 1 — изгибаемая труба; 2 — рабочий сектор приспособления; 3 — зажим для закрепления трубы; 4 — прижимной желоб; 5 — дорн.

Труба закрепляется зажимом к рабочему сектору. При повороте сектор тянет за собой трубу и гнет ее.

Для тонкостенных труб дорн выдвигается несколько вперед, а для труб с утолщенными стенками дорн отводится немного назад.

Радиус изгиба труб на бездорновых станках — не менее четырех наружных диаметров трубы, на дорновых — до двух. Диаметр гибочного ролика делается на 5—10 мм меньше заданного радиусагиба. Угол загиба выполняется на 3—5° больше заданного, так как загнутая труба несколько разгибается.

Загибка труб горячим способом. Загибку труб производят в такой последовательности: разметка трубы, набивка песком, нагрев, загибка, проверка правильностигиба, очистка трубы от песка.

Для набивки труб рекомендуется применять речной песок без примесей, пригорающих к стенкам труб при их нагреве. Перед набивкой труб песок должен быть просушен и просеян до получения зерен 1—2 мм.

Засыпка песка в трубы производится небольшими порциями; песок уплотняют обстукиванием трубы молотком.

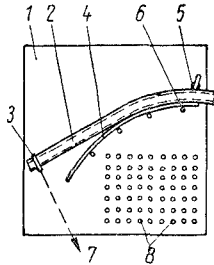
Для нагрева труб пользуются обычно открытым горном.

Для загибки труб применяют плиты с гнездами для вставных штырей, служащих упорами (фиг. 105).

Нагретая труба должна быть правильно уложена на гибочной плите. Загибка

может производиться как вручную — при помощи вкладных штырей и рычагов, так и приводной лебедкой. Движение загибаемого конца трубы во все время гибки должно быть плавным.

Места, в которых будет достигнут необходимый радиус гиба, должны охлаждаться водой по всей окружности трубы.



Фиг. 105. Плита с гнездами для гибки труб, с применением шаблона: 1 — плита; 2 — изгибаемая труба; 3 — хомут на трубе для троса; 4 — шаблон для заданного профиля трубы; 5 — эксцентриковый штырь с рукояткой; 6 — вкладные опорные штыри; 7 — трос к лебедке; 8 — гнезда для вкладных штырей.

Охлаждать водой легированные трубы категорически запрещается. Загибку труб надо производить с одного нагрева и обязательно в интервале температур 1050—750°C (вишнево-красный цвет).

Погиб трубы нужно делать на 1—3° больше заданного угла для компенсации распрямления после охлаждения.

Радиус загиба должен быть не менее 3,5 наружного диаметра трубы. Длина нагреваемого участка трубы зависит от угла и радиусов изгиба (табл. 67).

Правильность гиба проверяется заготовленным шаблоном. При появлении складок, выпучин и большой эллипсности трубы загибку необходимо прекратить и в горячем состоянии выправить складки при помощи гладилки, молотка или кувалды.

При загибании труб необходимо иметь в виду, что эллипсное сечение трубы хуже сопротивляется внутреннему давлению, чем круглое сечение, поэтому при загибке труб нельзя допускать образования значительной эллипсности.

Обратный погиб углеродистых труб можно производить, нагревая вогнутую часть и охлаждая обратную сторону.

Трубы в местах изгибов не должны иметь трещин, надрывов, уменьшения внутреннего диаметра и других дефектов.

Загибка медных и латунных трубок. Медные и латунные трубки перед загибанием отжигают, нагревая место изгиба в горне или паяльной лампой до темно-красного каления и охлаждая затем на воздухе или в воде.

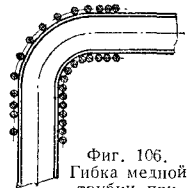
Для предохранения трубок от сплющивания их заполняют песком или заливают канифолью.

Канифоль расплавляют в сосуде на огне и заливают в трубку. После остывания канифоли трубку зажимают одним концом в тиски, вставив предварительно оправку и проложив мягкие прокладки, загибают легкими ударами молотка.

При загибании сварных трубок сварной шов необходимо располагать в плоскости, перпендикулярной к плоскости изгиба, так как в противном случае он может разойтись.

Гибка медных трубок для маслотрубопроводов и др. может производиться вручную и без наполнения песком и заливки канифолью следующим образом: на отоженный участок трубки, подлежащей гибке, навивается спираль из эластичной стальной проволоки диаметром 1,7 мм так, чтобы ее витки прилегали плотно друг к другу, после чего производится изгибание трубки на требуемый радиус и угол.

При изгибании трубки витки спирали на внешней стороне изгиба трубки расходятся, а на внутренней плотно сжимаются, препятствуя образованию ужимов и гофр на трубке (фиг. 106).



Фиг. 106. Гибка мелкой трубки при помощи спирали из стальной проволоки.

67. Длина нагреваемого участка трубы для различных углов и радиусов гиба

Угол отводов в град.	Условные проходы труб в мм																									
	100	150	200	250	300	350	400	100	150	200	250	300	350	400												
	$R = 4d$							$R = 5d$																		
	Длина нагреваемого участка трубы в мм																									
	30	45	60	90	210	315	470	630	840	1050	1260	1470	1680	1890	2205	2520	260	395	525	790	985	1180	1380	1575	1835	2100
30	45	60	90	210	315	470	630	840	1050	1260	1470	1680	1890	2205	2520	260	395	525	790	985	1180	1380	1575	1835	2100	2400

68. Допуски на отклонение радиуса загиба и на овальность труб на участке изгиба

Наименование показателя	Загибание без нагрева				Загибание с нагревом			
	Наружный диаметр труб в мм							
	100	125	150	200	250	300	350	400
Допуск на отклонение радиуса загиба в мм	± 10	± 10	± 15	± 15	± 40	± 50	± 60	± 80
Допуск на овальность трубы в мм	± 4	± 5	± 6	± 7	± 8	± 10	± 12	± 14

После гибки спираль легко снимается с трубки.

Допуски при загибании труб. Допуски на отклонение радиуса изгиба и овальности труб на участке изгиба приведены в табл. 68. Допуски для ответственных трубопроводов: угол загиба трубы $\pm 1/2^\circ$; расстояние от центрагиба до конца трубы ± 5 мм; размер между концами труб ± 1 мм на 1 пог. м длины; длина прямого участка ± 5 мм; отклонение осевой линии конца трубы от положения по чертежу ± 3 мм на 1 пог. м длины прямого конца.

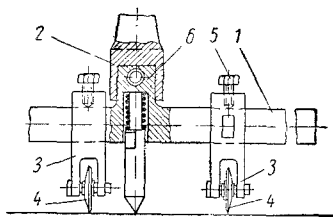
Прокладочные материалы

Прокладочные материалы применяют для уплотнения фланцевых соединений трубопроводов и арматуры. Прокладки изготовляют из мягких материалов и металлов.

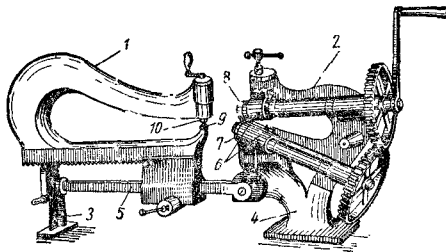
Виды применяемых прокладочных материалов зависят от рабочих параметров и характера среды, протекающей по трубопроводам. В табл. 69 и 70 приведены наиболее часто применяющиеся в практике прокладочные материалы, их характеристики и области применения.

Изготовление мягких прокладок. Паронитовые, картонные и резиновые прокладки поставляются готовыми для различных диаметров фланцевых соединений. Однако в ремонтной практике часто изготовление прокладок производится на месте. Для изготовления этих прокладок применяется приспособление (фиг. 107), закрепляемое в патроне сверлильного станка. Держатели режущих роликов передвигаются по поперечине, образуя разных диаметров прокладки. Для вырезания мягких прокладок может быть использован также ручной станок (фиг. 108), состоящий из двух основных частей — подвижной 1 (левой) и неподвижной 2 (правой). Установкой подвижной части задается необходимый диаметр вырезаемой прокладки. Прокладочный материал пред-

варительно разрезают на листы таких размеров, чтобы их можно было устанавливать в станке.



Фиг. 107. Приспособление для вырезки паронитовых прокладок: 1 — поперечина; 2 — патрон сверлильного станка; 3 — держатели роликов; 4 — режущие ролики; 5 — фиксирующие винты; 6 — головка поперечины; 7 — установочный винт.



Фиг. 108. Ручной дисковый станок для изготовления паронитовых прокладок: 1 — подвижная часть рамы; 2 — неподвижная часть рамы; 3 и 4 — опорные лапы станка; 5 — стержень с миллиметровой шкалой; 6 — направляющие втулки; 7 — режущий диск; 8 — нажимной диск; 9 — керн для закрепления листа паронита; 10 — прижимной винт.

Изготовление металлических прокладок. Металлические прокладки для уплотнения арматуры и трубопроводов высокого

69. Области применения прокладочных материалов

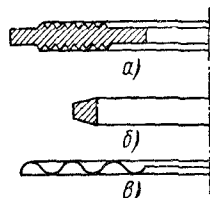
Материал	Область применения
Алюминий	Применяется в качестве прокладочного материала в газовых средах (кислород и др.) при высоких давлениях
Бумага ватманская и полуватманская	Применяется в промасленном виде для уплотнения поверхностей разъема различных механизмов
Картон асбестовый	При высоких температурах и низких давлениях для газовых сред; с соответствующей пропиткой для жидких сред; для водяного пара давлением до 1,5 <i>атм</i> , а с пропиткой до 15 <i>атм</i> . При применении асбестового картона в газовых средах (в условиях высоких температур) рекомендуется пропитывать его жидким стеклом.
Картон прокладочный целлюлозный	Для масел и тяжелых нефтепродуктов
Кожа	Лучший прокладочный материал для воды при высоких давлениях и нормальных температурах (манжеты гидравлических прессов, прокладки для водяной арматуры и др.)
Кольца асбестовые, асболатунные и асбеметаллические	Уплотнение мест соединения деталей, работающих в среде водяного пара, воды и др. при высоких температурах и давлениях
Медь марок М1 и М3 (листы и проголова)	При высоких давлениях
Паронит	Для насыщенного и перегретого водяного пара, для разнообразных газовых и жидких сред, в том числе кислых и щелочных, при температурах до 160° С. Для водяного пара рекомендуется обмозка прокладок ошпфой с графитом
Паронит УВ-10	Для легких нефтепродуктов и масел в условиях, не требующих длительного срока службы прокладок
Пенька	Используется в виде плоских плетенек, пропитанных суриком на масле, как прокладочный материал для воды при нормальной температуре и низких давлениях
Пластикат листовой	Обладает химической стойкостью, применяется для кислых и щелочных сред, бензина и воды до температуры 80° С
Резина (техническая пластина и шнур)	Для воды, щелочей и других кислых и нейтральных жидких сред при высоких температурах. Для работы в среде водяного пара при температурах до 150° С применяется теплостойкая мягкая резина. Для работы в бензине, керосине, мазуте и минеральных маслах применяется маслостойкая резина
Текстолит гибкий прокладочный	Для работы в масляных средах при невысоких температурах
Ферронит	Для уплотнения деталей, работающих в средах бензина, керосина, минеральных масел и продуктов сгорания бензина и керосина
Фибра	Для нейтральных газовых сред (кислород, углекислота и др.) при высоких давлениях и нормальных температурах, а также для легких нефтепродуктов

70. Сортамент прокладочных материалов и условия их работы

Прокладочный материал	Сортамент прокладочных материалов		Предельные параметры	
	Характеристика	Размеры в мм	Давление в кг/см ²	Температура в °C
Алюминий (ГОСТ 3549-55)	Листы из алюминия марки А2: а) для паропроводов б) для нефтемаслопроводов в) для инертных газов	Толщина 2—4	20 60 15	300 400 100
Картон асбестовый марок АС и А (ГОСТ 2850-45)	Картон из асбестового волокна с минеральными наполнителями и связующими и без наполнителя	Толщина 2; 2,5; 3; 3,5; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12	См. табл. 69	300
Прокладочный (из отходов) (ТУ МХП 437-1)	Картон из асбеста, минеральных наполнителей и органических связующих веществ (каучук, сера, олифа)	500×260 670×860 700×900 Толщина 2—1 ^а	2—4	—
Кольца асбестовые и асбестолатунные (ТУ МХП 254-Н)	Кольца из асбестовой сердцевинки и оболочки из меди или латуни толщиной 0,25 мм	По заказу	40	300
Медь (ГОСТ 859-41)	Листы и проволока из меди марок М1 и М3 отожженные	—	45	350
Паронит (ГОСТ 481-47)	Листы из асбеста, каучука и минеральных наполнителей	От 300×400 до 1500×1500. Толщина 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2; 1,5; 1,7; 2,0; 2,5	50	450
Прокладки из паронита (ТУ МХП 164-54р)	Материал тот же, круглые и фигурные	Диаметр до 300	То же	—
Паронит УВ-10 вулканизированный (ТУ МХП 164-54р)	Листы из асбеста, резины и минеральных наполнителей	500×500 Толщина 0,4—2,5	75	100
Пластикат листовой из отсеков (ТУ МХП 1374-46)	Листы из отсеков полихлорвиниловых смол с различными пластификаторами и наполнителями	1000×600 Толщина 1—5	40	60
Прокладки асбестометаллические (ТУ МХП 502-Н)	Прокладки из асбестовой сердцевинки и металлической оболочки (медной, латунной)	—	40	300
Прокладки асбестостальные (ТУ МХП 261-Н)	Прокладки из асбестовых листов (двух листов специального асбестового картона, соединенных внутренним стальным перфорированным каркасом) графитированные	Толщина 1,75	40	300
Резина (техническая пластина) (ГОСТ 7338-55)	Листовой материал из резины различной эластичности и твердости, а также маслястой резины с тканевыми прокладками или без них, вулканизированной	Ширина 700—960 Длина 1000—7000 Толщина 1—40	6 6	100 150 (для маслястой резины)
Свинец (ГОСТ 3778-56)	Листовой свинец марки С2	—	6	50
Текстолит гибкий прокладочный (ТУ МХП 488-44)	Листовой материал из хлопчатобумажной ткани, пропитанный крезоло-формальдегидной смолой	—	—	80
Ферронит листовой (ТУ МХП У-2-47)	Листовой материал на основе асбеста и каучука, армированный металлической сеткой	До 1500×1000 Толщина 0,8—1,2	75	См. табл. 69
Фибра листовая	Листы, прессованные из специальной бумаги, пропитанной хлористым цинком и другими веществами	От 300×500 до 1200×2000 Толщина 0,5—2,5	150 (для кислорода)	30

давления должны соответствовать межведомственным нормам МВН 191-51.

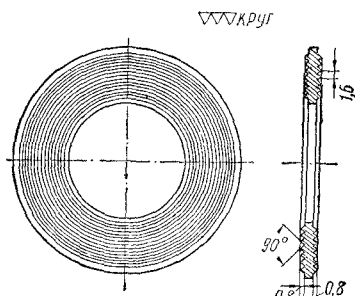
Металлические прокладки бывают: зубчатые (гребенчатые) точеные, гофрированные штампованные, линзовые (фиг. 109).



Фиг. 109. Типы металлических прокладок: а — зубчатые (гребенчатые); б — линзовые; в — гофрированные.

Наибольшее распространение имеют зубчатые прокладки (фиг. 110 и 111 и табл. 71). Зубчатые прокладки изготовляют из углеродистой листовой стали следующего химического состава: $\leq 0,05\% \text{ C}$, $< 0,3\% \text{ Mn}$, $< 0,2\% \text{ Si}$ и $< 0,03\% \text{ P}$. Твердость по Бринеллю не более 120.

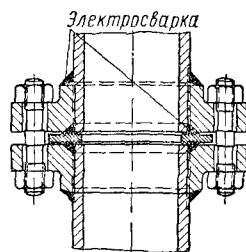
При выборе материала прокладок необходимо учитывать, что материал фланцев



Фиг. 110. Металлическая зубчатая точеная прокладка.

должен быть более твердым, чем материал прокладок.

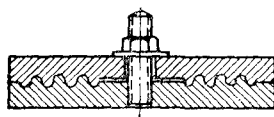
Зубчатые прокладки должны быть тщательно обработаны, уплотняющие поверхности — гребни — должны быть строго параллельны, разница в толщине прокладки допускается не более 0,1 мм. Гребни



Фиг. 111. Фланцевое соединение с металлической зубчатой прокладкой.

необходимо тщательно отшлифовывать, на них не должно быть заусенцев и забоин.

Гофрированные прокладки изготовляют штамповкой из жести или листовой нержа-



Фиг. 112. Штамп для изготовления гофрированных прокладок.

вующей стали толщиной 0,3—0,5 мм с высотой гофра 1,5—2,0 мм и шагом 3,0 мм. На фиг. 112 приведена конструк-

71. Прокладки металлические зубчатые для трубопроводов высокого давления ($p_y = 250 \text{ кг/см}^2$)

Размеры в мм

Условный проход	Наружный диаметр прокладок	Наружный диаметр зубьев	Внутренний диаметр прокладок	Толщина прокладок	Толщина ободка	Высота зубьев	Количество зубьев	Шаг зубьев	Притупление зубьев
15	32	28	16	3	1,7	0,65	4	1,5	0,2
20	38	34	22	3	1,7	0,65	4	1,5	0,2
25	46	42	27	3	1,7	0,65	5	1,5	0,2
32	54	50	32	3	1,7	0,65	6	1,5	0,2
40	64	60	42	3	1,7	0,65	6	1,5	0,2
50	80	75	54	3	1,7	0,65	7	1,5	0,2
70	105	100	76	3	1,7	0,65	8	1,5	0,2
80	116	111	84	3	1,7	0,65	9	1,5	0,2
100	145	140	104	4	2,3	0,85	9	2,0	0,3
125	175	170	134	4	2,3	0,85	9	2,0	0,3
150	200	194	154	4	2,3	0,85	10	2,0	0,3
175	225	215	175	4	2,3	0,85	10	2,0	0,3
200	275	266	218	4	2,3	0,85	12	2,0	0,3
250	325	316	260	4	2,3	0,85	14	2,0	0,3

ция ручного штампа для изготовления гофрированных прокладок. Заготовка прокладки закладывается в штамп и штампуются завинчиванием болта.

Набивки

Набивки применяют для предупреждения пропуска через зазоры среды, протекающей по трубопроводам.

Набивочные материалы изготавливаются:

1) из хлопковой, пеньковой или льняной пряжи;

2) из асбестовой пряжи и металлической проволоки;

3) из асбестовой пряжи с примесью хлопкового волокна;

4) из асбестовой пряжи с резиной;

5) из металлов и графита (уплотнительные кольца).

Характеристика и сортамент набивочных материалов и выбор их в зависимости от среды и условий работы приведены в табл. 72 и 73.

72. Сортамент набивочных материалов и условия их работы

Наименование набивок, ГОСТ или ТУ	Сортамент набивочных материалов		Предельные параметры	
	Характеристика	Размеры в мм	Давление в кг/см ²	Температура в °C
<i>Набивки сухие</i>				
Асбестовая (ТУ МХП 412-Н)	Шнур плетеный из асбестовой пряжи: с одним оплетением с несколькими оплетениями насквозь плетеные	4, 5, 8, 10, 13, 16, 19, 22, 25, 28, 32, 35, 38, 42, 45, 50 Ø и □ 5—50 Ø и □ 8—50 □ 4—25	25	400
Бумажная (ТУ МХП 408-Н)	Шнур плетеный из хлопчатобумажной пряжи: с одним оплетением с несколькими оплетениями насквозь плетеные	4, 5, 6, 8, 10, 13, 16, 19, 22, 25, 28, 32, 35, 38, 42, 45, 50 Ø и □ 5—50 Ø и □ 8—50 □ 4—25	200	100
Пеньковая (ТУ МХП 410-Н)	Шнур плетеный из пеньковой или льняной пряжи: с одним оплетением с несколькими оплетениями насквозь плетеные	4, 6, 8, 10, 13, 16, 19, 22, 25, 28, 32, 35, 38, 42, 45, 50 Ø и □ 6—50 Ø и □ 8—50 □ 4—25	160	100
Тальковая (ТУ МХП 411-Н)	Шнур с наружной оплеткой из хлопчатобумажной пряжи, плотно набитой тальком: с одним оплетением с двумя оплетениями	6, 8, 10, 13, 16, 19, 22, 25, 28, 32, 35, 38, 42, 45, 50 Ø 6—32 Ø и □ 6—50	3	100
<i>Набивки прорезиненные</i>				
Кольцевые набивки (лайон) (ТУ МХП 88-Н)	Полосы, замкнутые в круг, из двусторонне прорезиненной ткани, закатанной в несколько слоев и уплотненной: из хлопчатобумажной прорезиненной ткани из асбестовой прорезиненной ткани	Вну- Шири- Высота тренний на диаметр стенки 32—100 10—20 15—55 101—250 10—30 15—55 251—460 15—35 15—55	} — } —	100 300

Продолжение табл. 72

Наименование набивок, ГОСТ или ТУ	Сортамент набивочных материалов		Предельные параметры	
	Характеристика	Размеры в мм	Давление в кг/см ²	Температура в °С
Компенсирующая (сплит) № 13—15 (ТУ МХП 90-Н)	Сплошная многослойная полоса из прорезиненной с двух сторон ткани, согнутая пополам и спрессованная: № 13 — из льняной прорезиненной ткани № 14 — из асболохлопчатобумажной прорезиненной ткани № 15 — из хлопчатобумажной прорезиненной ткани	Ширина Высота 10—20 12—25 21—40 26—45 41—65 46—70	—	100
Шнуры № 4, 5, 6 и 8 (ТУ МХП 87-Н)	Полосы двусторонние или односторонние прорезиненной ткани, туго закатанные, с резиновым сердечником и без сердечника: № 4а, 4б, 4в и 4г и 6 — из хлопчатобумажной ткани № 5а, 5б, 5в и 5г — из льняной ткани № 8а, 8б, 8с, 8д — из асбестовой ткани (по заказу прографичиваются)	Круглые Квадратные ∅ 8—15 □ 8—15 16—35 16—35 36—70 36—70		
Набивки просаленные (пропитанные)				
Асбестовая парафинированная	Шнур плетеный из асбестовой пряжи, пропитанный парафином	Те же, что у набивки асбестовой сухой	25	100
Асбестовая просаленная (ТУ МХП 407-Н)	Шнур плетеный из асбестовой пряжи, пропитанный антифрикционной массой	То же	25	300
Асбестовая просаленная графитированная, с медной проволокой („Рациональ“) (ТУ МХП 416-Н)	Шнур, плетеный из асбестовой пряжи с медной проволокой, пропитанный антифрикционной массой и прографиченный	□ 5, 6, 8, 10, 13, 16, 19, 22, 25, 28, 32, 35, 38	45	400
Асбестовый шнур пропитанный (ГОСТ 1779-42)	Шнур асбестовый плетеный, пропитанный специальными составами или веществами	□ 3, 5, 6, 8, 9, 10, 13, 16, 19, 25	В зависимости от состава пропитки	
Бумажная просаленная (ТУ МХП 409-Н)	Шнур плетеный из хлопчатобумажной пряжи, пропитанный антифрикционной массой	Те же, что у набивки бумажной сухой	200	100
Пеньковая просаленная (ТУ МХП 415-Н)	Шнур плетеный из пеньковой или льняной пряжи, пропитанный антифрикционной массой	Те же, что у набивки пеньковой сухой	160	100
Тальковая просаленная (ТУ МХП 414-Н)	Шнур с наружной оплеткой из хлопчатобумажной пряжи, плотно набитый тальком в смеси с графитом	Те же, что у набивки тальковой сухой	3	100

73. Набивочные материалы, применяющиеся для некоторых жидкостей и газов

Рабочая среда	Давление в кг/см^2 не выше	Темпера- тура в $^{\circ}\text{C}$ не выше	Применяемые набивочные материалы
Вода питьевая	3	60	Бумажная сухая
Вода холодная и горячая	160	100	Пеньковая просаленная. Пеньковая сухая
То же	200	100	Бумажная просаленная. Кольца из хлопчатобумажной прорезиненной ткани лайон
"	3	130	Пеньковая тальковая графитированная марки „Универсаль“
Вода перегретая	25	250	Асбестовая просаленная. Асбестовый шнур, проваренный в смеси машинного масла и графита
Пар	25	300	Асбестовая просаленная
"	45	425	Набивка „Рациональ“ (петличный асбестовый шнур с медной проволокой, пропитанный и прографиченный)
"	100	275	Кольца „Лайон“ асбестовые
"	140	510	Графитные кольца с прослойками из серебристого графита. Кольца из прографиченной асбестовой набивки с засыпкой между ними чешуйчатого графита. Смесь мелкого асбестового волокна и чешуйчатого графита. Чешуйчатый хлопьевидный графит, уложенный на кольца из асбестового прографиченного шнура
Воздух	160	100	Пеньковая или бумажная просаленная
Нефть, мазут и минеральные масла	200	100	Пеньковая сухая и просаленная. Бумажная сухая и просаленная
То же	40	120	Асбестовая просаленная, с медной проволокой
Легкие нефтепродукты (бензин, керосин и др.)	6	40	Бумажная и пеньковая сухие, с мылоглицириновой пропиткой или просаленные
Растворы щелочей и аммиак	6	60	Бумажная и пеньковая, сухие и просаленные. Прорезиненные. Асбестовая, пропитанная полихлорвинилом
То же	25	350	Металлические с асбестовыми сердечниками

Сборка трубопроводов

При установке прокладок в фланцевых соединениях должны соблюдаться следующие условия.

Внутренний диаметр прокладок (диаметр отверстия в прокладке) при гладких фланцах у трубопроводов с наружным диаметром до 125 мм должен быть на 2—3 мм больше внутреннего диаметра трубы, у трубопроводов диаметром более 125 мм на 4—5 мм. Применение прокладок со следами излома, морщинами и трещинами не допускается.

Плоскости соприкосновения фланцев должны быть параллельны между собой и не иметь поперечных рисок, царапин, забоин, трещин, раковин. Перекосы фланцев (разница в величине зазоров между

фланцами) не должны быть более указанных в табл. 74.

74. Допускаемые величины в мм перекосов фланцевых соединений

Диаметр труб в мм	Рабочее давление в атм	
	до 16	св. 16
До 100	0,2	0,1
От 100 до 400	0,3	0,1

Перекосы во фланцевых соединениях устраняют следующим образом. Фланцы соединяют болтами без затяжки, после чего нагревают участок трубы длиной от 100 до 300 мм на расстоянии не ближе 0,5 м от фланца. Трубы малых диаметров

нагревают паяльными лампами, средних диаметров — газовыми горелками, а диаметром свыше 250 мм — с помощью жаровень с древесным углем. Когда участок трубы нагреется до темно-вишневого цвета, фланцы затягиваются без прокладок до отказа. Затяжка болтов должна производиться равномерно по всей окружности крест-накрест. После затяжки труба дополнительно прогревается 2—3 мин. и остается затянутой.

Перед установкой прокладок поверхности фланцев необходимо тщательно очистить от загрязнений и старых прокладок, а забоины и неровности устранить шабровкой или проточкой.

При установке гребенчатых металлических прокладок необходимо особо тщательно шабрить поверхность фланцев и следить за равномерностью затяжки болтов.

Уплотнение резьбовых соединений достигается:

1) предварительной обмоткой внешней резьбы льняным волокном, сухим или пропитанным олифой (уплотнение соединений водопроводов и отопительных систем);

2) смазыванием резьбовых поверхностей перед сборкой свинцовым суриком (ответственные соединения в водо-, газо- и маслопроводах);

3) смазыванием резьбовых поверхностей перед сборкой свинцовыми белилами (уплотнение повышенной водостойкости, трубопровода отопления, горячей воды);

4) смазыванием резьбовых поверхностей бакелитовым лаком*.

Свинцовый сурик и свинцовые белила разводятся до рабочей консистенции натуральной олифой (25% олифы от веса сурика и 30—40% от веса белил).

ВНИИГС** разработаны новые, более дешевые материалы — пасты для уплотнения резьбовых соединений трубопроводов холодной и горячей воды, паропроводов и газопроводов.

Паста № 1 — 100 вес. ч. окисленного жира морских животных или рыб и от 2 до 10 вес. ч. негашеной извести.

Такая паста применяется при монтаже внутренних водопроводов холодной воды при рабочем давлении в них до 4 ат

и газопроводов, рассчитанных на давление до 200 мм вод. ст.

Паста № 2 — 100 вес. ч. окисленного жира морских животных или рыб, от 2 до 10 вес. ч. негашеной извести и 10 вес. ч. графита марки С-3. Применяется при монтаже труб горячего водоснабжения, рассчитанных на давление от 6 ат, а также паропроводов низкого давления (до 1 ат).

Испытание и пуск в эксплуатацию трубопроводов с резьбовыми соединениями, уплотненными пастами ВНИИГС, должны производиться не ранее чем через 5 суток с момента окончания их монтажа.

На 1 пог. м трубопроводов диаметром от 13 до 50 мм расходуется 20—25 г пасты.

Способы уплотнения трубопроводов гидравлических систем станков приведены в табл. 75.

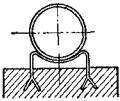
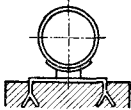
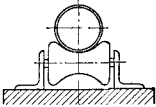
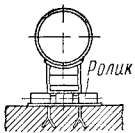
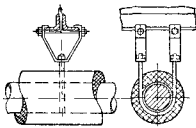
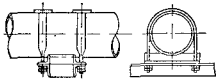
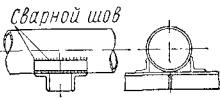
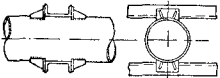
75. Способы уплотнения трубопроводов гидравлических систем

Эскиз	Способ уплотнения
	Концы медных трубок развальцовываются и обжимаются гайками по конической поверхности штуцера
	Приваренные к стальной трубке наконечники обжимаются с помощью гаек. Уплотнение по поверхности конуса
	Уплотнение стальных трубок путем обжатия прокладки из красной меди
	Уплотнение соединения при помощи конусной резьбы и обжатия по конусу приваренного стального наконечника
	Концы медной трубки развальцовываются и обжимаются по конусу

* Об уплотнении кислородопроводов см. ниже в гл. VI — «Ремонт кислородного оборудования».

** Всесоюзный научно-исследовательский институт гражданского строительства.

76. Типы опор для трубопроводов

Тип конструкции	Эскиз	Область применения
Скользящая опора		Устанавливается в непроходных каналах и других малодоступных местах, не допускает поперечного перемещения трубопровода
Скользящая опора		Применяется в тех же случаях, но допускает поперечное перемещение трубопровода
Катковая опора		Устанавливается на кронштейнах, мачтах, эстакадах, не допускает поперечного перемещения трубопровода
Роликовая опора		Устанавливается на кронштейнах, мачтах и других конструкциях, допускает поперечное перемещение трубопровода
Подвесная опора		Применяется при прокладке под перекрытиями и площадками, допускает продольное и поперечное перемещение трубопровода
Неподвижная опора с хомутовым креплением		Для осевых усилий до 15 т при наличии боковых усилий
Неподвижная приварная опора		Для осевых усилий до 15 т при отсутствии боковых усилий
Неподвижная опора с упорами		Для осевых усилий от 5 до 10 т, допускает вертикальное перемещение трубопровода

Опоры трубопроводов

При проверке и ремонте опор трубопровода должны соблюдаться следующие правила:

а) при неподвижной опоре труба должна плотно, без зазоров, лежать в подушке, а хомут должен плотно, без зазора, прилегать к телу трубы;

б) подвижные опоры не должны препятствовать свободному перемещению трубопровода от теплового удлинения; не должно быть перекосов и заеданий подвижных частей;

в) шейки роликов подвижных опор должны лежать на всей опорной поверхности гнезда;

г) подвижная плоскость роликовой опоры должна лежать на ролике без зазора; д) ролики подвижных опор должны свободно, без заеданий, вращаться в своих гнездах;

е) тяги подвесок трубопроводов, не имеющих тепловых перемещений, должны быть установлены отвесно, тяги подвесок трубопроводов, имеющих тепловые перемещения, должны быть установлены с наклоном на половину величины перемещения.

Типы опор для трубопроводов и области их применения указаны в табл. 76.

Расстояния между опорами трубопровода приведены в табл. 77.

77. Расстояние между опорами

Диаметр трубы в мм	Расстояние между опорами в м		Диаметр трубы в мм	Расстояние между опорами в м	
	для внут- реннего трубопро- вода	для наруж- ного тру- бопровода		для внут- реннего трубопро- вода	для наруж- ного тру- бопровода
44,5/40	2,5	2,0	159/150	5,0	4,5
57/51	3,0	2,5	216/203	6,5	6,0
83/76,55	3,5	3,0	267/253	7,0	6,5
108/100	4,0	3,5	321/306	8,0	7,5
133/125	4,5	4,0			

Теплоизоляция трубопроводов

Теплоизоляцией горячих и холодных поверхностей трубопроводов преследуются цели:

- уменьшения потерь тепла;
- предотвращения замораживания;
- уменьшения потерь холода (трубопроводы холодильные и жидкого кислорода);

г) предотвращения конденсации водяных паров на наружных поверхностях трубопроводов при высокой влажности окружающего воздуха;

д) предотвращения конденсации на внутренних поверхностях воздухопроводов вентиляции;

е) улучшения условий циркуляции в трубах (главный стояк и подающие трубы отопления при верхней разводке).

Конструкция изоляции состоит из антикоррозионного покрытия, термозоляционного слоя, устройства для укрепления изоляции (каркаса) и защитного покрытия.

Изоляционные конструкции подразделяются на мастичные, формованные, оберточные, засыпные и литые.

Характеристика основных теплоизоляционных материалов и допускаемая температура их применения приведены в табл. 78.

Изоляция трубопроводов производится после их гидравлического или пневматического испытания и подготовки изолируемых поверхностей.

Перед нанесением изоляции поверхности трубопроводов должны быть очищены от грязи и ржавчины.

В качестве антикоррозионных защитных составов для трубопроводов с температурами ниже температуры окружающего воздуха применяется битумная эмаль с последующим обертыванием пергамином; для поверхностей с температурой свыше 20° С применяется покрытие печным или кузбасским лаком.

Мастичная изоляция наносится только на горячие поверхности. Мастика готовится путем замешивания с водой асбестита, асбозурита, глины с наполнителями или других составных материалов.

Первый слой толщиной 5 мм наносится из более жидкой мастики. Последующие слои из более густой мастики толщиной 10—15 мм наносят только после высыхания предыдущих слоев.

Изоляция формованными (штучными) изделиями производится как по горячим, так и по холодным поверхностям насухо. Промежутки между формованными изделиями (скорлупами или сегментами) толщиной не более 5 мм должны быть законопачены сухой изоляцией (асбестовым войлоком, шнуром или мастикой).

Оберточная изоляция выполняется обертыванием поверхностей трубопроводов антисептированным войлоком,

78. Характеристика основных теплоизоляционных материалов

Теплоизоляционный материал	Состав изоляционного материала по весу в %	Допускаемая температура применения в °С	Вид изоляционного материала	Объемный вес изоляционного материала в кг/м³	Коэффициент теплопроводности в ккал/м·час·°С
Асбозурит	Диатомового порошка 70%, асбеста 4-го сорта 3%	300	Мастика и засыпка	700	0,15
Асботермит	Диатомового порошка 15%, шиферных отходов 70%, асбеста 5-го сорта 15%	500	Мастика	570	0,11
Вулканит	Диатомового порошка 60%, асбеста 20%, извести-пушонки 20%	450	Плиты и сегменты	410	0,08
Диатомит молотый	—	800	Засыпка	450	0,08
Асбестотрепельная масса с известью	Трепела 70%, асбеста 20%, извести 10%	400	Мастика	600	0,12
Трепел с органическими добавками	Трепела 75%, добавки (очесы, торф, опилки) 25%	100	—	600	0,12
Глина с органическими добавками	Глины 60%, добавки (очесы, торф, опилки) 40%	100	—	700	0,15
Асбестовый картон	—	600	Листовой	900	0,15
Асбестовая ткань	—	400	В рулонах	550—650	0,14
Альфоль (алюминиевая фольга)	—	540	Листовой	20	0,04
Шлаковая вата	—	700	Изделия и набивка	200	0,05
Войлок шерстяной (кошма)	—	90	В рулонах и листах	300	0,045
Торфоплиты прессованные	—	100	Плиты	200	0,04
Торфяная крошка	—	100	Засыпка	200	0,05
Пробковая пластина	—	120	Листовой	190	0,03
Пробковая крошка	—	120	Засыпка	160	0,03
Диатомитовые скорлупы, сегменты	—	350	Штучные формованные изделия	550—600	0,097
Ньювель	Белой магнезии 85%, асбеста 15%	400	Засыпка и штучные изделия	200 370	0,075
Совелит	Доломита 85%, асбеста 15%	450	То же	440 230	0,078

матами из минеральной шерсти и другим изоляционными материалами.

Набивочная изоляция (засыпная) — асбозурит в порошке, гранулированная шерсть, антисептированные опилки и др. — укладывается между изолируемой поверхностью и кожухом. Кожух делается из проволочной арматуры, досок, асбофанеры, листовой стали. Набивка производится вручную с легким уплотнением изоляционного материала.

Изоляция фланцевых соединений и арматуры производится мастикой, оберткой или формованными изделиями.

В местах примыкания труб к скользящей опоре изоляция не делается.

В местах прохода трубопроводов через конструкции здания устраиваются кожухи; зазоры между трубами и кожухами заполняются набивочной изоляцией.

Крепление изоляционных конструкций производится:

1) штучной и оберточной — кольцами из проволоки диаметром 1,5 мм или из

полосовой стали 15 × 0,5 мм через каждые 200 мм;

2) мастичной — сеткой из отожженной проволоки диаметром 1,2—1,5 мм размерами ячеек 100 × 100 мм, при этом арматурный каркас должен быть на расстоянии не менее 10 мм от наружной поверхности изоляционного слоя.

Защитные покрытия теплоизоляционных конструкций от воздействия внешней среды осуществляются гидроизоляцией, штукатуркой, оклейкой и окраской.

Гидроизоляция применяется при прокладке трубопроводов в условиях повышенной влажности и осуществляется покрытием нефтесбитумом, обертыванием толем, руберойдом, гидроизолом, мешковиной, пропитанной битумом в горячем состоянии, борулином и др.

Штукатурка наносится непосредственно на изоляцию при толщине слоя не менее 5 мм. Состав штукатурки из асбеста, цемента и песка: по весу 1,0 : 3,5 : 1,3, по объему 0,4 : 1,0 : 2,0.

В сухих помещениях наружная оболочка вместо штукатурки выполняется из мешковины, смоченной смесью белой глины с инфузальной землей и наклеиваемой внахлестку по изоляции. Ширина нахлестки должна быть не менее 5 мм.

Поверх штукатурки или оклейки производится масляная или клеевая окраска.

Раскраска трубопроводов

В магистральных тоннелях и каналах и в цехах машиностроительных заводов находится большое количество трубопроводов различного назначения. Для опознавания при эксплуатации и ремонте целесообразно окрашивать их в определенные условные цвета (табл. 79).

Различная окраска одного и того же трубопровода, проходящего по нескольким помещениям, не должна допускаться. Вместо сплошной окраски труб условными цветами допускается производить окраску

их участками. В проходных каналах расстояние между окрашенными участками трубопровода должно быть не более 10 м.

Ширина цветных колец на трубопроводах при наружном диаметре трубопровода (с изоляцией) до 150 мм должна быть 50 мм; от 150 до 300 мм — 70 мм; более 300 мм — 100 мм.

Расстояние между кольцами делают от 1 до 5 м в зависимости от местных условий.

Перед входом и после выхода трубопровода из стены и по обе стороны задвижек наносятся кольца.

Кроме условной раскраски, на трубопроводах должны делаться надписи с указанием номера магистрали римской цифрой и стрелка, указывающая направление движения среды в трубопроводе. На трубопроводах с наружным диаметром менее 150 мм надписи делаются на специальных прикрепляемых к трубе табличках. Надписи должны быть хорошо видны с рабочего места.

79. Условная раскраска промышленных трубопроводов

Трубопроводы	Транспортируемая жидкость, газ	Условное обозначение	Основной цвет	Цвет колец
Паропроводы	Пар насыщенный острый Пар перегретый острый среднего давления То же высокого давления Пар отработавший и отборный	П. Н. П. П./с. д. П. П./в. д. П. О.	Красный " " "	Желтый Нет Черный Зеленый
Водопроводы	Вода техническая " питательная " химически очищенная Конденсат Продувка и дренаж Вода теплофикационная: линия прямая линия обратная Пожарный водопровод	В. Т. В. П. В. Х. В. К. В. Д. П. С. О. С. В. Пож.	Черный Зеленый " " " " " Оранжевый	Нет Белый Синий Красный Желтый Коричневый Нет
Масло- и нефтепроводы	Мазут, нефть, керосин * Масла	Н М	Коричневый То же	Нет * Красный
Воздухо- и газопроводы	Воздух сжатый Кислород Ацетилен Генераторный и другие горючие газы	Вз. С Г. К. А. Ц. Г. Г.	Голубой Синий Белый Желтый	Нет " **

* В случае применения малосернистых и высокосернистых нефтепродуктов и подачи их по различным трубопроводам должны наноситься желтые полосы на трубопроводах высокосернистых нефтепродуктов.

** При применении на заводе различных горючих газов на газопроводы наносятся следующие цветные полосы: для коксового — черная; доменного — серая, природного — голубая.

ТАКЕЛАЖНЫЕ РАБОТЫ ПРИ РЕМОНТЕ ОБОРУДОВАНИЯ

Производство такелажных работ

В соответствии с действующими правилами Госгортехнадзора при производстве работ по перемещению тяжестей должны обеспечиваться следующие условия.

Лица, руководящие работами по перемещению тяжестей, обязаны строго наблюдать, чтобы вес поднимаемых грузов ни в коем случае не превышал грузоподъемности кранов или подъемных механизмов и применяемых во время работы вспомогательных приспособлений. При использовании стрелового крана необходимо точно учитывать грузоподъемность крана в зависимости от положения (наклона) его стрелы.

Все движения кранов и подъемных механизмов, а также торможение их во время работы должны производиться плавно, без рывков и с надлежащей осторожностью.

Перемещения крюка, тележки и крана должны производиться в таких пределах, чтобы не допускать срабатывания концевых выключателей (ограничителей хода).

При горизонтальном перемещении грузов при помощи кранов и подъемных механизмов перемещаемые грузы надлежит приподнимать на высоту не менее 0,5 м выше встречающихся на пути предметов.

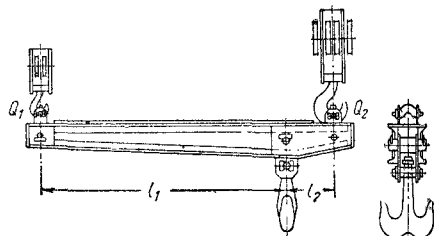
Места внутри и вне цеха, на которых производятся работы по подъему и перемещению грузов, должны быть во время работы хорошо освещены естественным или искусственным светом. При недостаточности общего освещения для безопасной работы краны должны быть снабжены осветительными устройствами достаточной мощности (лампами или прожекторами, установленными на самом кране).

На месте производства работ по перемещению тяжестей, а также на кранах нахождение лиц, не имеющих прямого отношения к производимой работе, не допускается.

По окончании или при перерыве работы груз не должен оставаться в подвешенном состоянии. У электрических кранов и подъемных механизмов рубильник (главный выключатель в кабине крана) и контроллеры по окончании и перерывах в работе должны выключаться.

Отрывать краном грузы, углубленные в землю или находящиеся на земле в приращенном состоянии, воспрещается.

Подъем груза одновременно двумя кранами допускается только под непосредственным руководством лица, ответственного по надзору за кранами и подъемными механизмами; при этом грузовые канаты должны сохранять вертикальное положение, а нагрузка, приходящаяся на каждый кран, не должна превышать грузоподъемности его. Если грузоподъемность совместно работающих кранов не одинакова, надлежит пользоваться траверсой (фиг. 113), длины плеч l_1 и l_2 которой обратно пропорциональны грузоподъемностям кранов Q_1 и Q_2 .



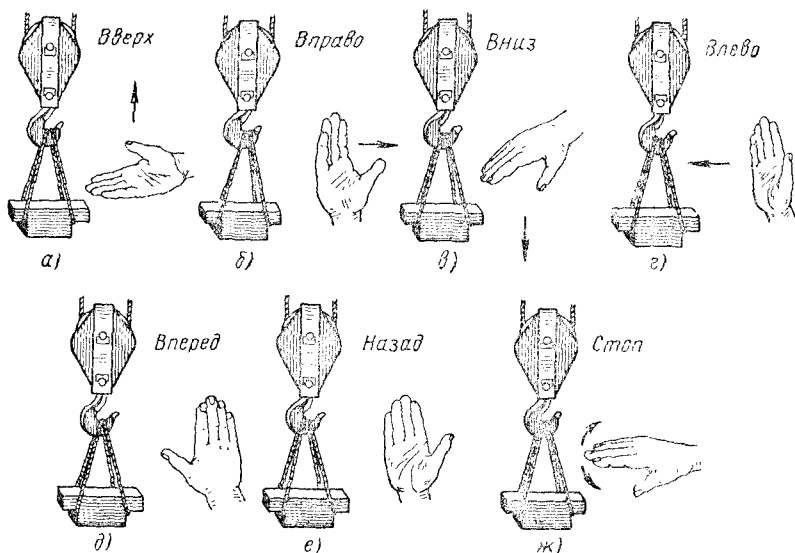
Фиг. 113. Траверса для подъема груза двумя кранами разной грузоподъемности.

Воспрещается перемещать грузы на людей, проходить под поднятым грузом а также производить подъем и перемещение грузоподъемных устройств и приспособлений с находящимися на них людьми.

При обслуживании крана или подъемного механизма крановщик (машинист) и зацепщик (такелажник) должны пользоваться знаковой сигнализацией (фиг. 114) согласно действующей инструкции Госгортехнадзора для зацепщиков (такелажников, стропальщиков).

К управлению кранами и подъемными механизмами с машинным приводом всех типов, а также к работам по подвязке (зацепке) грузов к крюку могут допускаться только лица, прошедшие специальное обучение, выдержавшие испытание в соответствующей квалификационной комиссии с обязательным участием инспектора Госгортехнадзора, организуемой администрацией предприятия, и имеющие о том надлежащее удостоверение, снабженное подписями председателя комиссии и инспектора Госгортехнадзора.

К работе на ручных кранах и подъемных механизмах могут допускаться лица после проверки их знаний и практического навыка ответственным лицом по надзору за кранами и подъемными механизмами.



Фиг. 114. Сигналы крановщику: а — «Вверх» — движение руки вверх; б — «Вправо» — движение рукой вправо; в — «Вниз» — движение рукой вниз; г — «Влево» — движение рукой влево; д — «Вперед» — движение рукой от себя; е — «Назад» — движение рукой на себя; ж — «Стоп» — движение рукой вправо и влево на уровне пояса.

Все лица, обслуживающие подъемные устройства (крановщики, машинисты, зацепщики, лица, ведущие наблюдение), должны быть снабжены соответствующими инструкциями Госгортехнадзора.

Застроповка и подъем грузов

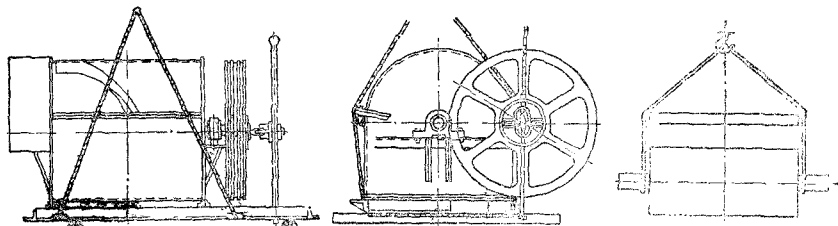
При застроповке груза должны быть обеспечены правильный выбор стропы, правильная обвязка груза стропом, правильное выполнение узлов и петель и правильное укрепление стропы к крюку.

Стропы необходимо вязать за самые надежные части груза. Равнодействующая от натяжения стропов должна проходить

хорошо для обеспечения равномерного натяжения ветвей стропов. Крепление груза должно производиться так, чтобы исключалась возможность соскальзывания стропов вдоль груза в случае нарушения равновесия.

Между стропами и острыми кромками грузов должны быть предложены деревянные или другие мягкие прокладки. Посредством прокладок предупреждаются повреждения стропами обработанных или окрашенных поверхностей грузов и повреждение стропов. Строп не должен иметь переломов (крутых перегибов и петель).

При подъеме тяжелых крупногабаритных грузов стропы необходимо распо-

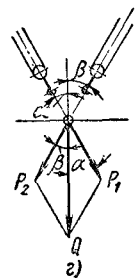
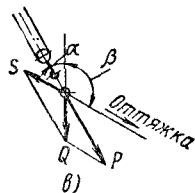
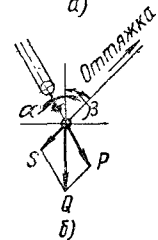
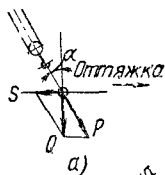


Фиг. 115. Применение подкладок и распорок при подъеме узлов и деталей машин.

при нормальном положении поднимаемого груза через центр его тяжести, что необ-

лагать таким образом, чтобы в поднимаемом грузе не возникали дополнительные

напряжения от изгиба, вызываемые как натяжением стропов, так и собственным весом поднимаемых грузов. Для этой цели применяются траверсы-распорки (фиг. 115).



Фиг. 116. К расчету оттяжек при подъеме грузов,

друг к другу (фиг. 116, г), крюки полиспастов должны находиться над центром тяжести груза.

Нагрузки на полиспасты P_1 и P_2 определяются по формулам:

$$P_1 = \frac{Q \sin \beta}{\sin (\alpha + \beta)} ;$$

$$P_2 = \frac{Q \sin \alpha}{\sin (\alpha + \beta)} .$$

Подъем груза, как правило, должен производиться при вертикальном расположении полиспаста. При необходимости оттягивания груза во время подъема усилие оттяжки определяется по формулам:

а) при горизонтальном направлении оттяжки (фиг. 116, а)

$$S = Q \operatorname{tg} \alpha ,$$

где Q — вес груза;

б) при наклонном направлении оттяжки (фиг. 116, б)

$$S = \frac{Q \sin \alpha}{\sin (\alpha + \beta)} ,$$

в) направление оттяжки по фиг. 116, а нежелательно, так как при этом возникает дополнительная нагрузка на полиспаст; усилие в полиспасте в этом случае будет

$$P = \frac{Q \sin \beta}{\sin (\alpha + \beta)} ;$$

г) при подъеме груза за один строп двумя полиспастами, расположенными под углом

Подъем громоздких грузов может производиться полиспастами с несколькими стропами. Нагрузки на полиспасты определяются в каждом отдельном случае расчетом в зависимости от углов наклона полиспастов и от расположения стропов по отношению к центру тяжести груза.

Перед началом подъема следует произвести пробный подъем груза на высоту 0,2—0,3 м, во время которого происходит вытяжка стропов, проверяется равномерность груза и равномерность натяжения, состояние и затяжка узлов и петель стропов.

Подъем должен производиться плавно, без рывков и раскачивания. Для регулирования положения груза во время подъема к грузу подвешивают оттяжки. Закручивание ниток полиспаста не должно допускаться.

Нельзя допускать расстроповки грузов до окончательной установки и надежного закрепления их.

Канаты

Пеньковые канаты. Пеньковые канаты применяются только для обвязывания поднимаемых грузов и прикрепления их к крюкам подъемных механизмов.

Наибольшее распространение имеют трехрядные пеньковые канаты. Каждая прядь каната состоит из отдельных каболок.

По роду обработки пряжи и подготовки ее для изготовления каболок, пеньковые канаты делятся на бельные и смольные.

Смольные канаты предназначены для работы на открытом воздухе. При одинаковом диаметре бельный канат крепче смольного, но менее долговечен, так как быстрее загнивает.

При огibanии барабанов, блоков и т. п. в наружных волокнах каната возникают дополнительные напряжения изгиба. Во избежание значительных перенапряжений диаметр барабана или блока, огибаемых канатом, должен быть не менее 10-кратного диаметра каната.

Для канатов, бывших в употреблении, допускаемая нагрузка уменьшается в зависимости от износа каната на 20—40%, что определяется наружным осмотром и замером каната.

Эксплуатация пеньковых канатов. Пеньковые канаты должны храниться в сухом закрытом помещении в бухтах на деревянном настиле или в металлической таре. Канаты с порванными

80. Канаты пеньковые белые (ГОСТ 483-55)

Диаметр каната в мм	Специальные		Повышенные		Нормальные	
	Вес 100 пог. м	Разрывное усилие каната не менее	Вес 100 пог. м	Разрывное усилие каната не менее	Вес 100 пог. м	Разрывное усилие каната не менее
в кг						
11,1	8,7	835	8,5	745	8,5	680
12,7	11,6	1 101	11,3	994	11,3	907
14,3	14,7	1 361	14,3	1 228	14,3	1 121
15,9	19,0	1 740	17,2	1 449	17,2	1 323
19,1	27,0	2 368	25,3	2 017	25,3	1 842
20,7	31,5	2 731	30,0	2 318	30,0	2 117
23,9	42,5	3 550	40,2	3 091	40,2	2 822
28,7	61,0	4 830	59	4 250	59,0	3 880
31,8	76,0	5 852	72,8	5 175	72,8	4 725
36,6	100	7 344	94,8	6 456	94,8	5 927
39,8	118	8 690	112	7 536	112	6 918
47,8	168	12 281	161	10 632	161	9 761
55,7	232	15 990	220	13 855	220	12 719

81. Канаты пеньковые смольные (ГОСТ 483-55)

Диаметр каната в мм	Специальные		Повышенные		Нормальные	
	Вес 100 пог. м	Разрывное усилие каната не менее	Вес 100 пог. м	Разрывное усилие каната не менее	Вес 100 пог. м	Разрывное усилие каната не менее
в кг						
11,1	10,3	793	10,0	708	10,0	646
12,7	13,7	1 046	13,3	944	13,3	862
14,3	17,3	1 293	17,0	1 167	17,0	1 065
15,9	22,4	1 653	20,3	1 376	20,3	1 257
19,1	31,9	2 250	29,8	1 916	29,8	1 750
20,7	37,2	2 594	35,4	2 202	35,4	2 011
23,9	50,1	3 372	47,4	2 936	47,4	2 681
28,7	72,0	4 588	70,0	4 037	70,0	3 686
31,8	89,7	5 559	86,0	4 916	86,0	4 489
36,6	118	6 976	112,0	6 133	112	5 630
39,8	139,2	8 255	132,0	7 159	132	6 572
47,8	198,2	11 667	190,0	10 100	190	9 272
55,7	273,8	15 190	260,0	13 162	260	12 083

пряжами к работе не должны допускаться. Смольные канаты смазываются специальной мазью следующего состава: технического вазелина 83%, канифоли 10%, озокерита 4%, графита 3% (состав указан по весу).

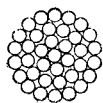
Стальные канаты. Стальные проволоочные канаты (тросы) являются наиболее распространенным гибким элементом для грузоподъемных механизмов.

Наиболее простым по конструкции проволоочным канатом является спиральный канат одинарной свивки, в котором все проволоки располагаются концентрическими слоями, причем каждый последующий слой навивается в сторону, противо-

положную предыдущей. Такие канаты применяются в качестве расчалок (при устройстве вант и т. п.).

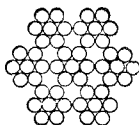
Для работы в подъемных механизмах и при использовании канатов в качестве чалочных применяются более сложные по конструкции, но более гибкие так называемые крановые канаты. В конструкциях этих канатов проволоки предварительно свиваются в пряди или стренги вокруг сердечников, изготавливаемых из пеньки, а затем эти пряди свиваются вокруг центрального сердечника в канат.

Материалом для сердечника обычно служит пенька, пропитываемая маслом. В том случае, если канат подвергается

82. Канат спиральный типа ТК $1 \times 37 - 37$ проволока (прядь $1 + 6 + 12 + 18$) (ГОСТ 3064-55)

Диаметр в мм		Расчетный вес 100 пог. м смазанно- го каната в кг	Расчетный предел прочности проволоки при растяжении в кг/мм ²						
каната	прово- локи		120	130	140	150	160	170	180
			Разрывное усилие каната в целом в кг не менее						
18,5	2,6	165,8	20 050	21 700	23 400	25 050	26 750	28 350	30 050
20,0	2,8	192,0	23 200	25 150	27 100	29 050	30 950	32 850	34 850
21,0	3,0	220,7	26 650	28 900	31 150	33 400	35 600	37 850	40 050
22,5	3,2	251,8	30 350	32 850	35 400	37 950	—	—	—
24,5	3,5	300,2	36 300	39 350	—	—	—	—	—
27,0	3,8	353,8	42 800	46 400	—	—	—	—	—
28,0	4,0	392,2	47 450	51 400	—	—	—	—	—
31,5	4,5	496,0	60 050	—	—	—	—	—	—

Примечание. Расход смазки на 100 пог. м каната 0,3 кг на каждый миллиметр диаметра каната.

83. Канат (трос) типа ЛКО $7 \times 7 = 49$ проволока с металлическим сердечником (прядь $1 + 6$) (ГОСТ 3066-55)

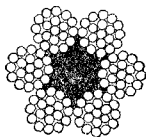
Диаметр в мм		Расчетный вес 100 пог. м смазанного каната в кг	Расчетный предел прочности проволоки при растяжении в кг/мм ²				
каната	проволоки		120	130	140	150	160
			Разрывное усилие каната в целом в кг не менее				
9,9	1,1	41,75	4 960	5 380	5 790	6 210	6 620
11,0	1,2	49,66	5 910	6 390	6 890	7 380	7 870
12,0	1,3	58,31	6 940	7 520	8 090	8 670	9 250
13,0	1,4	67,67	8 050	8 730	9 380	10 050	10 700
13,5	1,5	77,34	9 210	9 960	10 700	11 450	12 200
14,5	1,6	88,33	10 500	11 350	12 500	13 100	14 000
15,5	1,7	99,7	11 800	12 800	13 800	14 800	15 750
16,5	1,8	111,6	12 700	14 300	15 450	16 550	17 700
18,0	2,0	137,9	16 400	17 800	19 100	20 500	21 850
20,0	2,2	166,9	19 800	21 500	23 150	24 800	26 450
22,0	2,4	198,6	23 600	25 550	27 550	29 500	31 500
23,5	2,6	233,3	27 750	30 050	32 350	34 700	37 000

воздействию высокой температуры, рекомендуется применять асбестовые или металлические сердечники; канаты с металлическими сердечниками рекомендуется использовать при многослойной навивке.

Крановые канаты в зависимости от характера свивки бывают *односторон-*

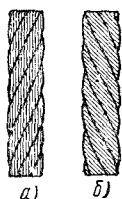
ними или параллельными, когда направление свивки отдельных проволок в прядях совпадает с направлением свивки самих прядей в канате (фиг. 117, б), и *крестовой свивки*, когда направление свивки самих прядей направлено в другую сторону по отношению к направлению свивки проволочных прядей (фиг. 117, а)

84. Канат (трос) типа ТК $6 \times 19 = 114$ проволок с органическим сердечником (прясть $1 + 6 + 12$) (ГОСТ 3070-55)



Диаметр в мм		Расчетный вес 100 пог. м смазанного каната в кг	Расчетный предел прочности проволоки при растяжении в кг/мм ²						
каната	прово- локи		130	140	150	160	170	180	190
			Разрывное усилие каната в целом в кг не менее						
6,2	0,4	13,6	—	1 700	1 820	1 940	2 070	2 190	2 310
7,7	0,5	21,17	2 460	2 650	2 840	3 030	3 220	3 410	3 600
9,3	0,6	30,57	3 560	3 830	4 100	4 380	4 650	4 930	5 200
11,0	0,7	41,59	4 840	5 210	5 590	5 960	6 340	6 710	7 080
12,5	0,8	54,33	6 330	6 810	7 310	7 790	8 270	8 750	9 230
14,0	0,9	68,70	8 000	8 620	9 220	9 850	10 450	11 050	11 650
15,5	1,0	84,80	9 860	10 600	11 350	12 150	12 900	13 650	14 450
17,0	1,1	102,6	11 900	12 850	13 750	14 700	15 600	16 450	17 400
18,5	1,2	122,0	14 150	15 300	16 400	17 500	18 550	19 600	20 700
20,0	1,3	143,3	16 700	17 950	19 250	20 550	21 800	23 100	24 300
22,0	1,4	166,3	19 350	20 850	22 350	23 800	25 300	26 850	28 300
23,5	1,5	190,1	22 100	23 800	25 500	27 250	28 950	30 650	32 350
25,0	1,6	217,1	25 250	27 200	29 150	31 150	33 100	35 000	36 950
26,5	1,7	245,2	28 550	30 750	32 950	35 150	37 350	39 550	41 750
28,0	1,8	274,3	31 950	34 400	36 850	39 350	41 800	44 250	46 750
31,0	2,0	339,2	39 500	42 550	45 600	48 650	51 700	54 700	57 800
34,0	2,2	410,5	47 850	51 500	55 200	58 900	62 550	66 250	69 550

Канаты односторонней свивки более долговечны, однако склонны к раскручиванию.



Фиг. 117. Виды свивки канатов:
а — крестовая;
б — односторонняя.

Наиболее износостойкими и долговечными являются канаты типа ЛК-Р, у которых наружные слои каждой пряди выполняются из толстых и тонких проволок, уложенных через одну.

Расчет стальных канатов. Все канаты, устанавливающиеся в подъемных механизмах, должны быть проверены расчетом.

Проверочный расчет канатов производится по формуле

$$S = \frac{P}{k} [\text{кг}],$$

где P — действительное разрывное усилие каната, т. е. та действительная нагрузка, при которой образец каната рвется при испытании на разрывной машине,

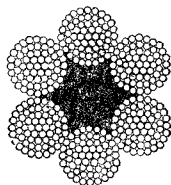
в кг; k — коэффициент запаса прочности; значение коэффициента k для грузовых и тяговых канатов должно соответствовать нормам, указанным в табл. 88; S — наибольшее допускаемое натяжение каната.

При проверке прочности каната, находящегося в наличии, разрывное усилие берется по сертификату. При отсутствии сертификата разрывное усилие каната определяется путем лабораторного испытания. В этом случае кусок каната длиной 1—1,5 м должен быть сдан в лабораторию для испытания его в соответствии с требованиями ГОСТ 3241-55.

Во избежание расплетки и смещения проволок и прядей во время отрезки образца испытываемого каната прилегающие куски с обеих сторон к месту отрезки должны быть прочно перевязаны мягкой проволокой на длину не менее пятикратного диаметра каната.

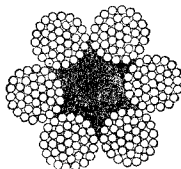
При определении разрывного усилия по сумме разрывных усилий отдельных проволок полученное значение суммы разрывных усилий отдельных проволок умножают на коэффициент 0,83,

85. Канат (трос) типа ТК $6 \times 37 = 222$ проволок с органическим сердечником
(прясть $1 + 6 + 12 + 18$) (ГОСТ 3071-55)



Диаметр в мм		Расчетный вес 100 пог. м смазанно- го каната в кг	Расчетный предел прочности проволоки при растяжении в кг/мм ²						
каната	прово- локи		130	140	150	160	170	180	190
			Разрывное усилие каната в целом в кг не менее						
11,0	0,5	40,86	4 630	4 990	5 340	5 700	6 060	6 420	6 770
13,0	0,6	59,0	6 690	7 200	7 720	8 240	8 730	9 260	9 750
15,5	0,7	80,27	9 100	9 790	10 450	11 150	11 850	12 550	13 250
17,5	0,8	104,8	11 890	12 750	13 700	14 600	15 500	16 450	17 350
19,5	0,9	132,6	15 000	16 150	17 300	18 450	19 650	20 800	21 950
22,0	1,0	164,6	18 600	20 050	21 500	22 950	24 350	25 800	27 250
24,0	1,1	198,1	22 500	24 300	26 000	27 750	29 500	31 250	33 000
26,0	1,2	237,7	26 900	29 000	31 100	33 150	35 250	38 050	39 400
28,5	1,3	266,7	31 300	33 750	36 200	38 600	41 000	43 450	45 850
30,5	1,4	322,3	36 500	39 350	42 150	45 000	47 800	50 600	53 450
32,5	1,5	368,4	41 700	45 000	48 250	51 450	54 650	57 850	61 050
35,0	1,6	420,6	47 700	51 350	55 050	58 700	62 400	66 060	69 700
37,0	1,7	474,8	53 800	58 000	62 150	66 250	70 400	74 600	78 750

86. Канат (трос) типа ТК $6 \times 61 = 366$ проволок с органическим сердечником
(прясть $1 + 6 + 12 + 18 + 24$) (ГОСТ 3072-55)



Диаметр в мм		Расчетный вес 100 пог. м смазанного каната в кг	Расчетный предел прочности проволоки при растяжении в кг/мм²					
каната	прово- локи		140	150	160	170	180	190
			Разрывное усилие каната в целом в кг не менее					
11,5	0,4	43,15	5 070	5 430	5 790	6 160	6 520	6 880
14,0	0,5	67,44	7 900	8 490	9 040	9 540	10 150	10 700
17,0	0,6	97,3	11 450	12 200	13 050	13 900	14 650	15 500
19,5	0,7	132,4	15 550	16 650	17 750	18 900	20 000	21 100
22,5	0,8	173,0	20 300	21 800	23 250	24 650	26 100	27 600
25,0	0,9	218,8	25 700	27 550	29 350	31 200	33 050	34 900
28,0	1,0	271,0	31 850	34 100	36 400	38 700	40 950	43 250
31,0	1,1	327,8	38 550	41 300	44 050	46 800	49 550	52 300
33,5	1,2	389,8	45 850	49 100	52 400	55 650	58 950	62 250

87. Канат (трос) типа ЛК-Р $6 \times 19 = 114$ проволок с органическим сердечником (прясть $1 + 6 + 6,6$) (ГОСТ 2688-55)

Диаметр в мм					Расчетный вес 100 пог. м смазанного каната в кг	Расчетный предел прочности проволоки при растяжении в кг/мм ²					
каната	проволоки			140		150	160	170	180	190	
	1-го слоя	2-го слоя									
		малого размера, 6 проволок	большого размера, 6 проволок								
Разрывное усилие каната в целом в кг не менее											
9,5	0,65	0,55	0,7	34,23	4 360	4 670	4 990	5 290	5 610	5 920	
11,5	0,75	0,65	0,85	48,22	6 150	6 585	7 025	7 465	7 905	8 345	
12,5	0,8	0,7	0,9	54,73	6 970	7 480	7 980	8 470	8 960	9 470	
13,5	0,85	0,70	0,95	59,76	7 620	8 165	8 705	9 250	9 795	10 345	
15,0	1,0	0,8	1,1	80,5	10 200	10 950	11 700	12 450	13 150	13 850	
16,5	1,1	0,9	1,2	97,5	12 400	13 300	14 150	15 050	15 950	16 850	
17,5	1,15	0,95	1,25	106,8	13 620	14 590	15 565	16 535	17 510	18 480	
19,5	1,3	1,05	1,4	134,0	17 050	18 250	19 500	20 700	21 950	23 150	
21,0	1,40	1,20	1,55	163,1	20 800	22 280	23 770	25 250	26 740	28 225	
22,0	1,45	1,2	1,6	172,1	21 900	23 500	25 050	26 600	28 200	29 750	
24,0	1,55	1,35	1,75	205,7	26 235	28 110	29 980	31 850	33 725	35 600	
25,0	1,65	1,4	1,8	223,1	28 400	30 450	32 500	34 550	36 550	38 550	
27,5	1,8	1,5	2,0	267,4	34 050	36 550	38 950	41 350	43 850	46 250	
30,5	2,0	1,65	2,2	326,2	41 600	44 550	47 500	50 450	53 450	56 400	
32,0	2,1	1,75	2,3	359,9	45 905	49 190	52 465	55 745	59 025	62 305	

При расчете каната должна производиться также проверка правильности подбора диаметра D барабана или блока по формуле $D \geq d(e-1)$, где D — диаметр

барабана или блока, измеряемый по дну канавки в мм, d — диаметр каната в мм, e — коэффициент, зависящий от типа грузоподъемной машины и режима ее работы, (см. табл. 89).

88. Наименьший допускаемый коэффициент запаса прочности канатов

Назначение канатов	Привод грузоподъемной машины и режим ее работы	Коэффициент запаса прочности K
Грузовые и стреловые	Ручной	4,5
	Ма- легкий	5,0
	шин- средний	5,5
	ный- тяжелый	6,0
Стреловые, являющиеся растяжками Оттяжки мачт и опор:		3,5
а) постоянно действующих кранов		3,5
б) временно действующих (со сроком работы до одного года)		
Канаты лебедок, предназначенных для подъема людей		3,0
		9,0

89. Наименьшие допускаемые значения коэффициента e

Тип грузоподъемной машины	Привод грузоподъемной машины и режим ее работы	Значение коэффициента e
Грузоподъемные машины всех типов, за исключением стреловых кранов, электроталей и лебедок	Ручной	18
	Ма- (легкий	20
	шин- (средний	25
	ный- (тяжелый	30
Краны стреловые	Ручной	16
	Ма- (легкий	15
	шин- (средний	18
	ный- (тяжелый	20
Электрические тали. Лебедки с ручным приводом для подъема грузов и людей		20
		16

Режим работы монтажных кранов, лебедок и прочих грузоподъемных устройств обычно принимается легким.

Диаметр уравнильного блока может быть на 40% менее допускаемого диаметра блоков или барабана.

Основные правила эксплуатации стальных канатов.

1. Не допускать образования резких переломов каната, «жучков» и сплюснутых от защемления мест.

2. Не допускать у блоков отбитых кромок у ручьев, не допускать трения каната об острые ребра металлических конструкций и частей здания.

3. Не допускать соприкосновения канатов с электросварочными проводами.

4. Производить регулярный осмотр канатов для выявления степени изношенности (числа оборванных проволок).

5. Для предохранения от ржавления канаты надлежит очищать от грязи и регулярно смазывать специальной мазью, не содержащей влаги. Регулярная смазка работающего каната должна производиться не реже чем 1 раз в 10 дней.

Канаты, хранящиеся на складе, должны смазываться не реже 1 раза в 6 мес. Для смазки рекомендуется применять канатную мазь ИК по ГОСТ 5570-50. При отсутствии ее смазку можно производить мазью, в состав которой по весу входит гудрона масляного 68%, битума марки III 10%, канифоли 10%, вазелина технического 7%, графита 3%, озокерита 2%. Можно для этой цели применять также смесь вязкого нефтяного масла 60% и битума 40% или же смесь солидола и битума марки III с концентрацией последнего от 5 до 10 %. Для приготвления смазки и лучшего проникновения ее между проволоками смешиваемые продукты подогреваются до 60° С. Промазывание канатов смазкой может произ-

водиться или вручную — путем протирания каната тряпкой, пропитанной смазкой, или путем пропускания каната через ванну, наполненную смазкой.

Расход смазочного материала для канатов составляет 3 г на каждый миллиметр диаметра каната на длину 1 м.

6. Хранить канаты надлежит в сухом закрытом помещении в хорошо смазанном виде в бухтах на деревянном настиле.

Нормы браковки изношенных канатов. Опасный износ канатов определяется по количеству оборванных проволок на шаге свивки каната. За шаг свивки каната принимается длина каната, на протяжении которой прядь делает полный оборот вокруг оси каната (фиг. 118).



Фиг. 118. Определение шага свивки каната.

В том месте, где будет обнаружено наибольшее количество оборванных проволок, отмечают шаг свивки путем нанесения метки мелом, от этой метки в сторону наибольшего износа отсчитывают столько прядей, сколько их имеется в сечении каната, и ставят вторую метку. На отмеченном шаге подсчитывают количество обрывов и сравнивают с данными табл. 90.

При наличии у канатов поверхностного износа или коррозии проволок указанное в таблице допускаемое количество обрывов проволок уменьшается: при глубине коррозии на 10% диаметра проволок — на 15%, при 15% — на 25%, при 20% — на 30%, при 25% — на 40%, при 30% — на 50%, при 40% и выше канат бракуется полностью.

90. Нормы браковки канатов, работающих на кранах и подъемных механизмах

Первоначальный коэффициент запаса прочности каната на растяжение	Конструкция канатов					
	6 × 19 = 114 + 1 органический сердечник		6 × 37 = 222 + 1 органический сердечник		6 × 61 = 366 + 1 органический сердечник	
	крестовой свивки	односторонней свивки	крестовой свивки	односторонней свивки	крестовой свивки	односторонней свивки
Число обрывов проволок на длине одного шага свивки, при котором канат должен быть забракован						
До 6	12	6	22	11	36	18
От 6 до 7	14	7	26	13	38	19
Свыше 7	16	8	30	15	40	20

91. Размеры коушей (ГОСТ 2224-43)

 <p>Материал—сталь Ст. 3</p>	Диаметр каната	D	H	R	Вес в кг не более	H ₁	r ₁	У не более	S ₁	Длина заготовки L	Вес теоретический в кг
	в мм					в мм					
9,5—11	35	50	39	16	73	6	5	6	143	0,118	
11—13	40	55	40	20	82	7	6	7	167	0,214	
13—15	45	65	52	23	98	8	7	8	192	0,314	
15—17	50	70	54	25	106	9	8	9	210	0,423	
18,5—20	60	90	75	29	137	11	10	12	265	0,895	
22,5—24,5	70	110	90	34	166	13	11	14	318	1,35	
26,5—28	90	130	103	40	190	15	12	16	382	2,04	
32,5—34	105	155	127	48	230	18	14	20	447	3,70	

92. Количество зажимов в зависимости от диаметра каната

Диаметр каната в мм	9,5—13	13—16	16—19	19—22	22—25	25—28	28—32	32—35
Количество зажимов	3	3	4	4	5	6	7	7

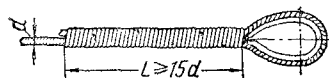
Крепление стальных канатов. Крепление стальных канатов подъемного механизма и его деталей должно производиться надежно способом, предохраняющим канаты от перетирания и заедания.

Чаще всего крепление стальных канатов производится заплеткой или постановкой зажимов.

Заплетка. При заплетке канат обводится вокруг коуша и заплетается на длине, равной не менее 15 диаметрам каната, но не короче 300 мм (фиг. 119). Место заплетки рекомендуется обмотать вязальной проволокой.

Постановка зажимов и число зажимов зависят от диаметра каната. Расстояние между зажимами обычно при-

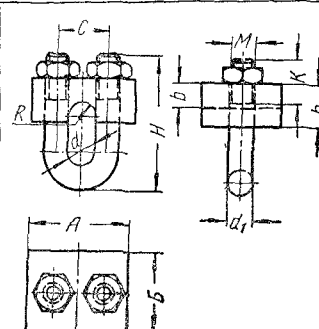
нимается равным не менее 6 диаметрам каната. Наиболее распространенные конструкции зажимов и их нормальные размеры приведены в табл. 93 и 94.



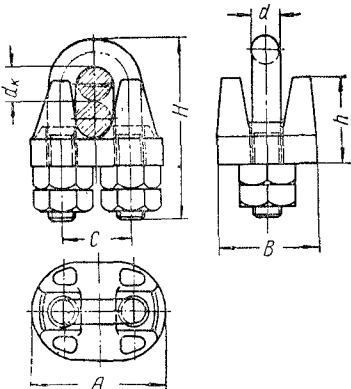
Фиг. 119. Коуш для стального каната.

Разрезание, сращивание, способы укорачивания канатов и заплетка коушей. Во избежание размотки концов троса при его разрезании нужно перевязать ближайшие к месту разрезки сечения мягкой отоженной проволокой или шпагатом. При размотке троса с катушки или бухты

93. Нормальные размеры в мм зажимов для стальных канатов

	Диаметр каната d	d ₁	C	H	K	M	R	h	b	A	B	Вес зажима в кг
	8—10	10	22	50	20	M10	5	16	8	45	25	0,23
	10—12	10	22	50	22	M10	6	20	10	45	25	0,26
	13—14	12	29	60	26	M12	7	24	12	60	35	0,43
	15—17	14	32	75	28	M14	8	28	14	60	45	0,68
	18—20	16	35	90	32	M16	10	30	16	70	55	1,04
	21—24	20	44	125	41	M20	12	34	18	90	65	1,81
	25—28	20	50	140	46	M20	14	36	13	110	75	2,75
	29—34,5	22	60	150	46	M22	17	40	20	125	85	3,3

94. Нормальные размеры в мм зажимов для стальных канатов



Диаметр каната d_K	d	C	H	h	A	B	Вес комплекта в кг
От 7,7 до 11	10	22	50	28	45	32	0,211
Св. 11 " 14,5	12	28	67	35	55	40	0,406
" 14,5 " 18,5	16	38	86	45	70	45	0,718
" 18,4 " 22,5	16	40	101	55	75	45	0,998
" 22,5 " 26,5	20	50	120	60	90	55	1,631
" 26,6 " 30,5	20	54	135	75	100	65	2,206
" 30,5 " 34,5	24	62	150	85	110	80	3,520
" 34,5 " 39	24	66	169	90	120	80	3,820

не допускать образования петель, «жучков».

Сращивание тросов производится в следующем порядке:

1) на расстоянии 0,5—0,7 м от концов сращиваемых тросов накладывают марку (обвязку) 1 (фиг. 120) из каболки (пеньки

3) распускают концы тросов на отдельные ходовые пряди до марки 1 и вырезают пеньковую сердцевину;

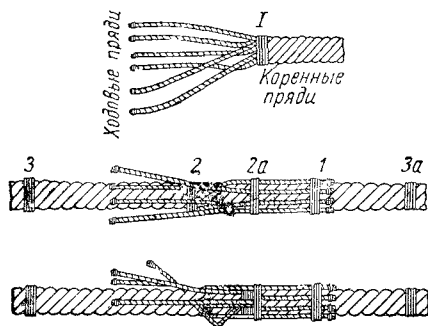
4) концы тросов соединяются вплотную до марок 2 и 2а, располагая пряди тросов попеременно;

5) пряди первого троса привязываются к концу второго троса в двух местах и на тросы накладываются дополнительные марки 3 и 3а, после этого срезают марку 2 на первом тросе;

6) одну из прядей второго троса накладывают концом на встречную смежную с ней прядь первого троса и пробивают ее при помощи специального ножа-шила (свайки) под следующие две пряди, таким же способом пробивают остальные пряди второго троса под пряди первого троса; после двойной пробивки всех прядей второго троса производят двойную пробивку прядей первого троса, затем снова дважды пробивают пряди второго троса, а после них пряди первого троса;

7) после каждой пробивки пряди оклачиваются и плотно подтягиваются;

8) сращивание тросов заканчивают дополнительной пробивкой еще по одному разу у пряди на конце каждого из тросов через одну прядь;



Фиг. 120. Сращивание тросов.

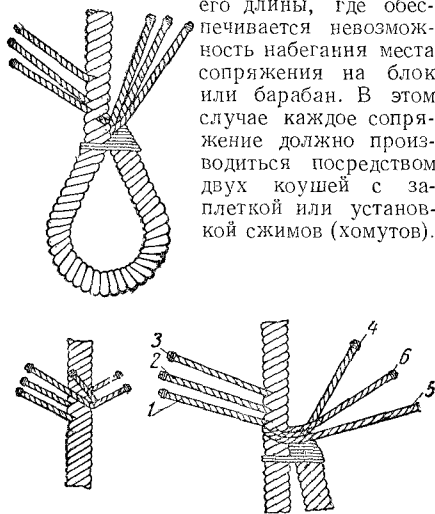
или мягкой проволоки), отделяющей коренные пряди от ходовых;

2) срезают марки на концах тросов и накладывают их на конце отдельных прядей;

9) по окончании пробивок оставшиеся свободные концы прядей обрываются и весь сrostок обматывается проволокой.

Число пробивок троса зависит от диаметра последнего; при диаметре троса до 15 мм производится не менее 3 пробивок каждой прядью, от 15 до 28 мм — не менее 4 пробивок и свыше 28 мм — не менее 5 пробивок.

Сращивание грузозычных канатов путем сплетки не допускается. Допускается сопряжение концов каната на таком участке его длины, где обеспечивается невозможность набегающего места сопряжения на блок или барабан. В этом случае каждое сопряжение должно производиться посредством двух коушей с заплеткой или установкой сжимов (хомутов).



Фиг. 121. Образование петли на тросе.

Заплетка троса с образованием петли производится следующим порядком:

1) распускают конец троса на ходовые пряди;

2) загибают конец троса (ходовой) до образования петли необходимого размера и привязывают его у марку к коренному тросу (фиг. 121). После этого начинают пробивку прядей. Пряди, кроме пряди 6, пробивают в одном месте: первую прядь 1 — под одну прядь коренного троса; вторую прядь 2 под вторую и третью и 3 под три коренные пряди; четвертую коренную прядь 4 пробивают под две коренные пряди, но в обратном направлении; прядь 5 пробивают под одну коренную прядь; прядь 6 пропускают под ту же коренную прядь, под которую пропущена и первая, но в обратном направлении, накрывая эту коренную прядь;

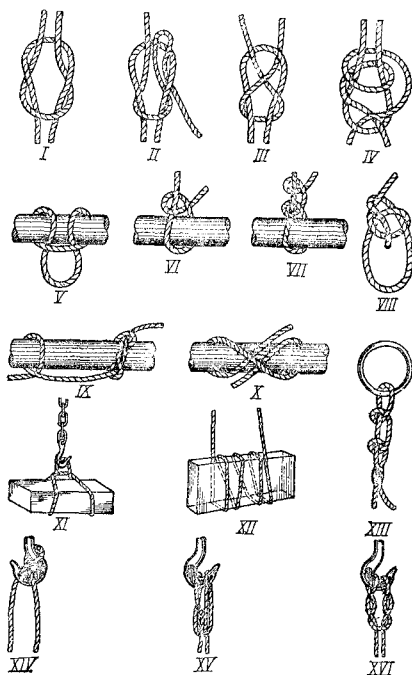
3) дальнейшую пробивку производят через смежную прядь под две следующие

коренные пряди; после каждой пробивки пряди околачиваются и плотно подтягиваются;

4) образование петли заканчивается обрубкой у самого троса оставшихся свободных концов пробитых ходовых прядей и плотным обматыванием проволокой заплетенного участка.

Узлы. Наиболее употребительными являются узлы, показанные на фиг. 122.

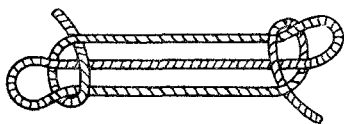
Прямой узел I служит для соединения двух концов одного каната или концов двух канатов. **Рифовый узел II** применяется для тех же целей, что и прямой узел, дает возможность быстро распускать узел, для чего нужно потянуть за один из его концов. **Шкотовый узел** (одинарный III и двойной IV) служит для соединения канатов различной толщины и для



Фиг. 122. Узлы на канатах.

закрепления концов канатов в петле. **Простая петля V** применяется для охвата груза с образованием петли, которая надевается на крюк. **Простой VI и двойной VII узлы** применяются при подъеме груза с гладкой поверхностью, закрепленного в горизонтальном положении. **Сложный узел VIII** применяется для тонких канатов. **Удвка со шлагом IX** применяется при подъеме

ялов или бревен, закрепляемых в вертикальном положении. Узлы X—XVI применяются при креплении грузов при различных такелажных работах.



Фиг. 123. Укорачивание канатов.

Для укорачивания канатов без их разрезки обычно применяется способ, приведенный на фиг. 123.

Грузовые цепи

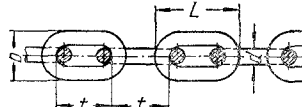
При такелажных работах и в грузоподъемных машинах применяются сварные и пластинчатые цепи.

Сварные цепи изготавливаются калиброванными и некалиброванными.

Калиброванные цепи служат для передачи усилий звездочками.

Некалиброванные цепи применяются в тех случаях, когда они навиваются на барабаны или поддерживаются гладкими блоками.

95. Цепи сварные грузовые калиброванные и некалиброванные (ГОСТ 2319-55)

			Нагрузка в т		Вес теоретический 1 пог. м в кг
Размеры звена в мм			пробная	разрушающая	
Диаметр d	Шаг t	Ширина b			
5	19	17	0,32	0,64	0,50
6	19	21	0,50	1,00	0,80
7	21	24	0,75	1,50	1,20
8	23	27	1,10	2,20	1,50
9,5	27	32	1,55	3,10	2,00
11	31	36	2,20	4,40	2,70
13	36	43	3,30	6,60	3,90
16	44	53	5,10	10,2	6,00
18	50	58	6,4	12,8	1,30
20	56	66	8,00	16,0	9,20

Электросварные цепи применяются для целей, не предусматривающих использование блочных устройств.

Пластинчатые цепи применяются в качестве грузовых для более тяжелых грузов.

96. Цепи пластинчатые грузовые (ГОСТ 191-52)

Шаг t в мм	Разрушающая нагрузка в кг	Расстояние между внутренними пластинками C_B в мм	Ширина пластины b в мм	Длина валика наибольшая l в мм	Диаметр средней части валика d_1 в мм	Вес 1 пог. м в кг не более
15	500	12	12	24	5	0,6
20	1 600	15	15	30	8	1,0
25	2 500	18	18	38	10	2,0
30	4 000	20	20	45	11	2,4
35	6 300	22	24	56	13	4,4
40	8 000	25	28	58	14	5,0
45	10 000	30	35	68	17	6,3
50	16 000	36	38	90	22	11
55	20 000	40	40	115	24	16
60	25 000	45	46	120	26	18
70	37 500	50	52	155	32	30

Расчет сварных цепей производится по формуле

$$S = \frac{P}{k},$$

где P — нагрузка, разрушающая цепь, в кг; k — коэффициент запаса прочности; S — действующая нагрузка на цепь.

Значение запаса прочности k для кранов и подъемных механизмов с ручным приводом следует принимать не менее 3, для кранов и подъемных механизмов с машинным приводом — не менее 6, для калиброванных цепей, работающих на звездочках, при ручном приводе не менее 3 и при машинном приводе не менее 8.

Пластинчатые цепи должны иметь запас прочности не менее пятикратного от разрушающей нагрузки, указанной в табл. 96.

Диаметр барабана и всех роликов, огибаемых как калиброванной, так и некалиброванной цепью, должны быть у ручных кранов и подъемных механизмов не менее 20-кратного диаметра прутка, из которого изготовлено звено цепи, а в кранах и подъемных механизмах с машинным приводом не менее 30-кратного диаметра. Сварные калиброванные и пластинчатые цепи при работе на звездочке должны находиться в одновременном полном сцеплении с двумя зубьями звездочки.

Эксплуатация цепей. Отличаясь большой гибкостью, сварные цепи быстрее изнашиваются, чем канаты, поэтому необходимо следить за работающими цепями особенно тщательно. Цепи должны периодически, не реже чем 1 раз в 6 мес., подвергаться повторным испытаниям на двукратную нагрузку и подвергаться отжигу для придания им равномерной мелкозернистой структуры. В процессе работы для уменьшения износа и предупреждения коррозии цепи смазывают смесью сала и графита.

При эксплуатации в результате износа цепи могут получать утонение в местах трения звеньев. Поэтому необходимо их периодически осматривать. В случае обнаружения утонения свыше 5% диаметра цепи должны подвергаться повторным испытаниям или браковке; износ звена допускается не более 10% первоначального диаметра.

При осмотрах цепей необходимо проверить, не имеется ли волосных трещин, появление которых свидетельствует о возможности разрушения.

Пластинчатые цепи раньше всего изнашиваются в шарнирах, где и надлежит особо тщательно проверять отсутствие трещин и износа.

Стропы

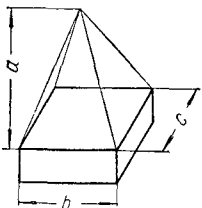
Стропы служат для закрепления груза к крюку или серьге грузоподъемного механизма. Стропы изготавливаются из отдельных кусков канатов, цепей или тросов. Конструкция и качество стропов должно обеспечивать безопасность производства работы; легкость и быстроту строповки; быстроту расстроповки.

Подбор стропов. Стропы подбираются исходя из действующей нагрузки. Величина последней может определяться по формуле

$$S = \frac{Q}{k_1},$$

где S — действующая нагрузка на строп; Q — вес поднимаемого груза; k_1 — коэффициент, определяемый по табл. 97.

97. Значение коэффициента k_1




Заложение тросов	$a = 0,5b$	$a = 0,7b$	$a = b$	$a = 1,5b$
$c = 0$	2,9	3,2	3,6	3,8
$b = c$	2,3	2,9	3,2	3,6
$b = 2c$	1,7	2,2	2,7	3,2

Канатные стропы. Чалочные канаты и стропы рассчитываются на растяжение, причем при расчете чалочных канатов, предназначенных для обвязки грузов весом до 50 т, должен приниматься коэффициент запаса не менее 8, а для обвязки грузов весом 50 т и более — не менее 6. Пенковые чалочные канаты рассчитываются с запасом прочности не менее 8. В том случае, если чалочные канаты имеют на концах кольца, крюки или серьги, служащие для подвешивания груза, коэффициент запаса прочности принимают не менее 6. При расчете принимается во внимание число ветвей каната или цепи и наклон их к вертикали.


Цепные стропы. Цепные стропы (фиг. 124) изготавливаются из сварных цепей и снабжаются специальными крюками и петлями. Цепные стропы должны испытываться на двукратную нагрузку каждые 6 мес. работы.

98. Стропы канатные облеженные
Размеры в мм






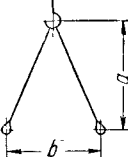
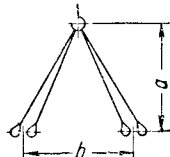
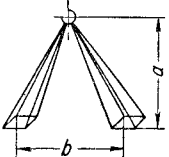
Диаметр d	Длина сращения a	Размер b	Длина в м
12	150	300	2
16	250	400	2,6
19	400	500	3,2
25	450	600	3,8
25	500	700	4,5
30	600—800	800	5,5

99. Стропы канатные универсальные



Диаметр d в мм	Длина			Диаметр d в мм	Длина		
	сращения a в мм	стропа в м	L в м		сращения a в мм	стропа в м	L в м
19,5	400	8	16,5	25	500	8	16,5
19,5	400	10	20,5	25	500	12	34,0
22	450	8	16,5	30	750	10	21,0
22	450	12	24,5	30	750	15	31,0

100. Диаметры канатных стропов в зависимости от числа ветвей и способа подвески груза

Вес поднимаемого груза в т	Число ветвей										
	1	2	4	2		4			8		
											
				a	b	a	b	a	b	a	
				1:1	1:1,5	1:1	1:1,5	1:2	1:1	1:1,5	1:2
	Диаметры в мм										
1	15,0	11,0	11,0	11,0	13,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0
2	21,5	15,0	11,0	15,0	17,5	13,0	13,0	15,0	11,0	11,0	11,0
3	26,0	19,5	13,0	19,5	19,5	15,0	17,5	17,5	11,0	13,0	13,0
5	—	24,0	17,5	26,0	—	21,5	21,5	24,0	15,0	15,0	17,5
7	—	28,0	19,5	—	—	24,0	25,0	26,0	17,5	17,5	19,5
10	—	34,5	24,0	—	—	28,0	30,5	32,5	21,5	21,5	24,0
15	—	—	28,0	—	—	34,5	—	—	25,0	26,0	28,0

При расчете чалочных цепей, имеющих на концах какое-либо захватное приспособление, коэффициент запаса прочности по отношению к разрушающей нагрузке не должен приниматься менее 5, и для цепей, предназначенных для обвязки грузов, — не менее 6.

В процессе работы необходимо обеспечивать регулярный надзор за состоянием стропов. При обнаружении износа в местах соприкосновения звеньев цепи или появления волосных трещин стропы должны подвергаться повторным испытаниям.

Цепные стропы подлежат смазывать графитной смазкой ЦСА по ГОСТ 3333-55.

При подвешивании грузов цепными стропами необходимо не допускать изгиба звеньев цепи.

Соединительные детали стропов. Для захвата поднимаемых грузов стропы снабжаются крючьями-восьмерками, соединяющимися между собой с помощью колец.

Крючья - восьмерки рассчитываются на изгиб по следующей формуле

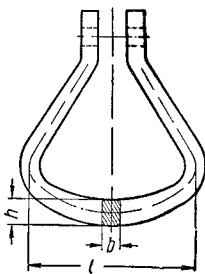
$$\sigma_{доп} = \frac{Q}{F} + \frac{Qa}{W} < 500 \text{ кг/см}^2,$$

где $W = 0,1d^3$ и для сечения прямоугольной формы $W = \frac{bh^2}{6}$.

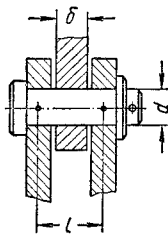
Круглозвенные цепи, проушины, головки рым-болтов и т. д. рассчитываются на растяжение по формуле

$$\sigma_{доп} = \frac{Q}{2F} \leq 500 \text{ кг/см}^2,$$

где F — площадь поперечного сечения; при круглом сечении $2F = \frac{\pi d^2}{2}$ (d — диаметр сечения звена) для прямоугольного сечения $2F = 2bh$ (b — ширина, h — высота сечения).



Фиг. 125. Грузовая скоба.



Фиг. 126. К расчету пальца.

Грузовые скобы и кольца большого диаметра следует проверять на изгиб (фиг. 125):

$$\sigma_{доп} = \frac{M}{W} \leq 500 \text{ кг/см}^2;$$

$$M = \frac{Ql}{6}.$$

При сварке колец необходимо применять электроды марки Э-42 со шлакообразующей обмазкой. К сварке должны допускаться только дипломированные сварщики.

Пальцы и болты должны проверяться на смятие, срез и изгиб (фиг. 126):

$$\sigma_{см} = \frac{Q}{\delta d} \leq 1200 \text{ кг/см}^2;$$

$$\tau = \frac{4Q}{\pi d^2} \leq 600 \text{ кг/см}^2;$$

$$\sigma_{доп} = \frac{M}{W} \leq 800 \text{ кг/см}^2.$$

Восьмерки, рым-болты, звенья цепи и другие детали захватных приспособлений изготавливаются из стали Ст. 3 или 20. Пальцы и болты изготавливаются из стали Ст. 3 или Ст. 5 (сталь 20 или сталь 35).

Для захвата грузов при подъеме применяются рым-болты (табл. 102).

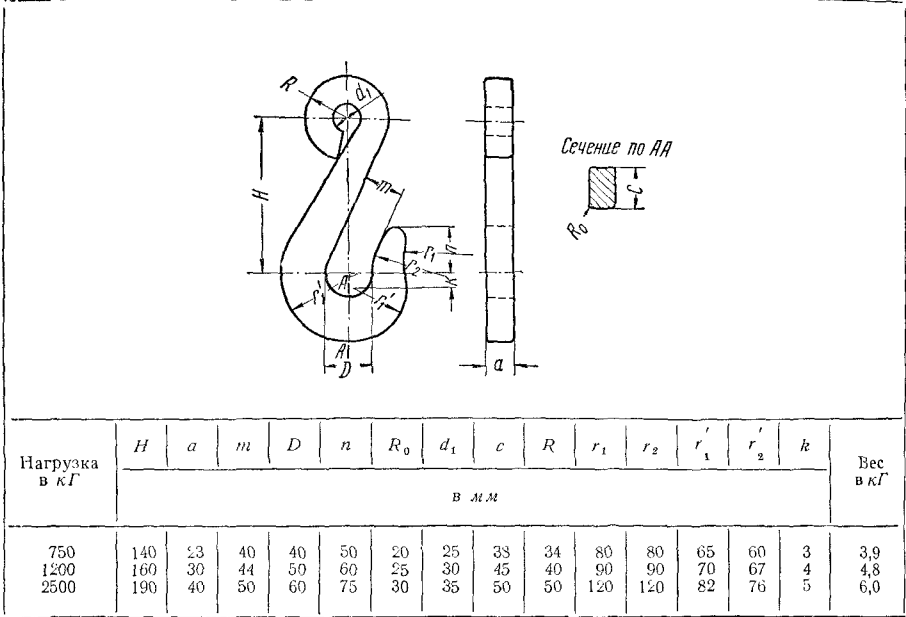
101. Крючья-восьмерки для подъема грузов

Диаметр d в мм	Отверстие D в мм	Допускаемая нагрузка в кг
20	60	300
25	65	550
30	70	850
35	80	1200
40	90	1500

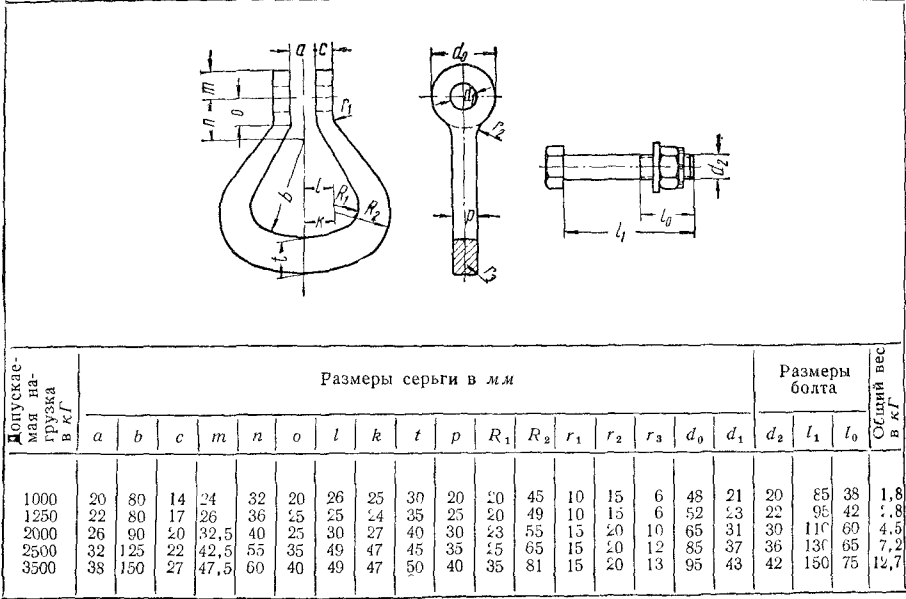
102. Рым-болты для подъема грузов

Диаметр нарезки d в мм	Внутренний диаметр ушка a в мм	Толщина ушка b в мм	Допускаемая нагрузка в кг	
			вертикальная	под углом 30°
M12	80	10	150	90
M16	35	12	300	180
M20	40	15	600	360
M22	45	18	900	540
M30	50	21	1300	800
M36	60	25	2400	1400

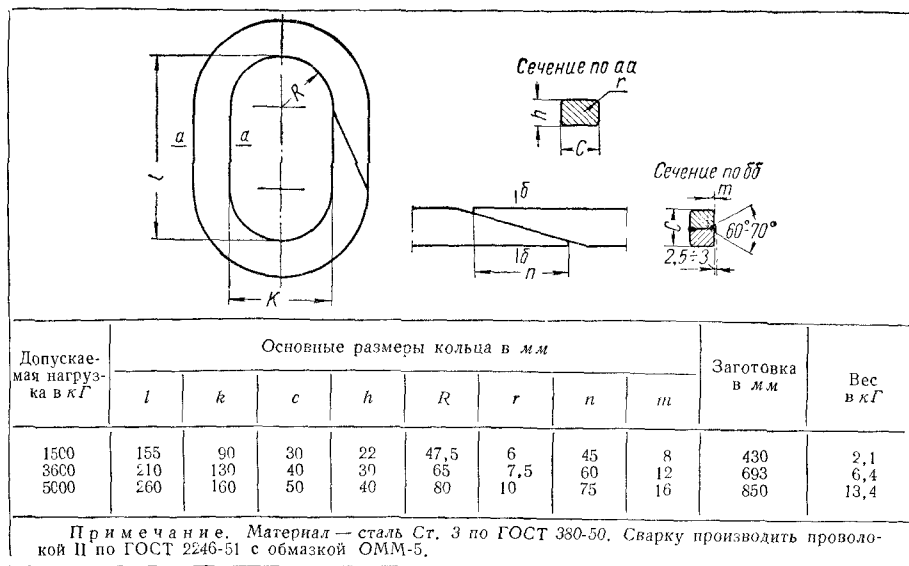
103. Крюки для стропов



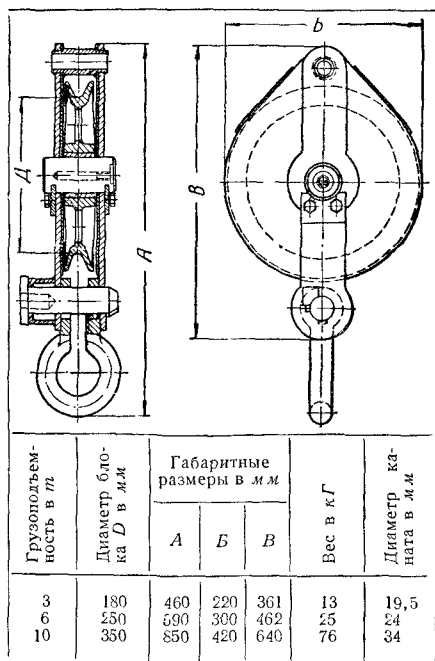
104. Скобы для стропов



105. Кольца для стропов

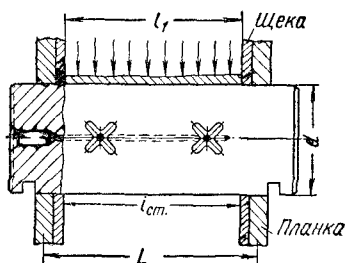


106. Отводные блоки с откидной траверсой треста «Центроэнергомонтаж»



Блоки

Направляющие блоки выполняются преимущественно из чугуна СЧ 12-28 и СЧ 15-32.



Фиг. 127. К расчету оси блока.

В большинстве случаев блоки устанавливаются на неподвижных осях на подшипниках скольжения или на подшипниках качения.

Поверочный расчет основных деталей блока. Проверка оси блока на изгиб (фиг. 127).

$$M_{\max} = \frac{Q \cdot L}{8} = W \cdot \sigma_u = 0,1 d^3 \sigma_u;$$

$$\sigma_u = 1,25 \frac{QL}{d^3},$$

где M_{\max} — максимальный изгибающий момент от равномерно распределенной нагрузки в кг/см ; Q — нагрузка на блок в кг ; L — расстояние между центрами планок в см ; W — момент сопротивления сечения оси в см^3 ; d — диаметр оси в см ; σ_u — напряжение изгиба оси, не превышающее 1200 кг/см^2 для стали Ст. 5.

Проверка оси блока на удельное давление.

$$Q = dl_1 q,$$

откуда

$$q = \frac{Q}{d \cdot l_1},$$

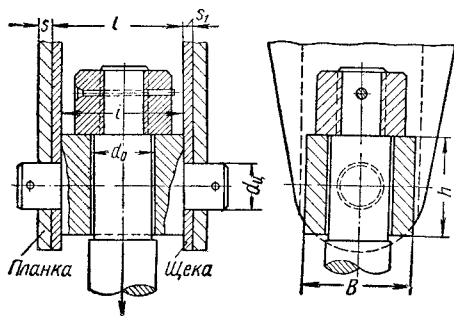
где q — удельное давление в кг/см^2 , которое не должно превышать при густой смазке для чугуна по стали — 40; бронзы по стали — 100; l_1 — длина втулки блока в см .

Проверка траверсы отводного блока на изгиб (фиг. 128)

$$\sigma_u = \frac{Q(l + 2S_1 + S)}{4W};$$

где σ_u — фактическое напряжение на изгиб в кг/см^2 , которое не должно превышать 1200 кг/см^2 (материал Ст. 3); W — момент сопротивления сечения траверсы в см^3 ;

$$W = \frac{(b - d_0) h^2}{6}.$$



Фиг. 128. К расчету траверсы блока.

Проверка диаметров цапф траверсы на изгиб и смятие.

$$\sigma_u = \frac{0,5Q \left(S_1 + \frac{S}{2} \right)}{0,1 \cdot d_u^3} = \frac{5Q \left(S_1 + \frac{S}{2} \right)}{d_u^3};$$

$$q = \frac{Q}{2 \cdot S \cdot d_u},$$

где q — фактическое удельное давление $\leq 800 \text{ кг/см}^2$; d_u — диаметр цапфы в см

Полиспасты

Соединение нескольких подвижных и неподвижных блоков, огибаемых гибким элементом (канатом или цепью), называется полиспастом.

Длина полиспаста в стянутом состоянии (фиг. 129) равняется

$$H_1 = h_1 + h_2 + A,$$

где h_1 — строительная длина верхнего блока в м ; h_2 — строительная длина нижнего блока в м ; A — расстояние в свету между верхними и нижними блоками, принимаемое для полиспастов грузоподъемностью до $3 \text{ т} = 0,5 \text{ м}$, $10 \text{ т} = 0,7 \text{ м}$, $25 \text{ т} = 0,8 \text{ м}$.

В табл. 108 приведены значения длины полиспастов в стянутом состоянии грузоподъемностью от 1 до 25 т.

Длина выбираемого каната полиспаста определяется по формуле

$$L_1 = nH,$$

где H — высота подъема груза в м ; n — число ниток полиспаста.

Расчет полиспаста. К. п. д. полиспаста со сбегающим с неподвижного блока концом каната равняется

$$\eta = \frac{1}{nk^n} \cdot \frac{k^n - 1}{k - 1},$$

где n — число ниток полиспаста; k — коэффициент сопротивления одного блока (для блока с бронзовой втулкой $k = 1,04$; для блока с шарикоподшипниками $k = 1,03$).

Натяжение в сбегающем конце каната:

а) без учета влияния отводных блоков

$$S = \frac{Q}{n\eta} \text{ кг},$$

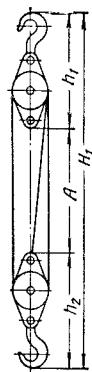
где Q — вес поднимаемого груза в кг ;
б) с учетом отводных блоков

$$S_1 = \frac{S}{\eta_{\text{бл}}^{n_1}} = \frac{Q}{\eta \eta_{\text{бл}}^{n_1}} \text{ кг},$$

где $\eta_{\text{бл}}$ — к. п. д. отводного блока (обычно 0,96); n_1 — число отводных блоков.

Длина каната для оснастки полиспаста

$$L = n \left(H + \frac{\pi d}{2} \right) + l + m\pi D,$$



Фиг. 129. Длина полиспаста в стянутом состоянии.

107. Схемы полиспастов

Число ниток полиспаста	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Схемы полиспастов										
К. п. д.	0,96	0,94	0,92	0,90	0,88	0,87	0,86	0,85	0,83	0,82
Натяжение сбегающего конца каната	$1,04Q$	$0,53Q$	$0,36Q$	$0,28Q$	$0,23Q$	$0,19Q$	$0,17Q$	$0,15Q$	$0,13Q$	$0,11Q$

108. Длина полиспастов в стянутом состоянии

Грузоподъемность полиспаста в т.	1	2	3	5	10	15	20	25
Длина полиспаста в стянутом состоянии H_1 (фиг. 129) в мм	1500	1600	1700	2300	2600	3200	3400	3700

где L — длина каната в м; n — число ниток полиспаста; H — высота оси вращения роликов верхнего блока от уровня пола в м; d — диаметр роликов блоков в м; l — длина сбегающего конца каната от верхнего блока до лебедки в м; m — минимальное число витков каната на барабане лебедки при смотанном канате, принимаемое равным 1,5; D — диаметр барабана лебедки в м.

Подбор числа ниток полиспаста. Для облегчения подбора числа ниток полиспаста в зависимости от грузоподъемности лебедки и при заданном числе отводных блоков можно также пользоваться формулой

$$k = \frac{Q}{S},$$

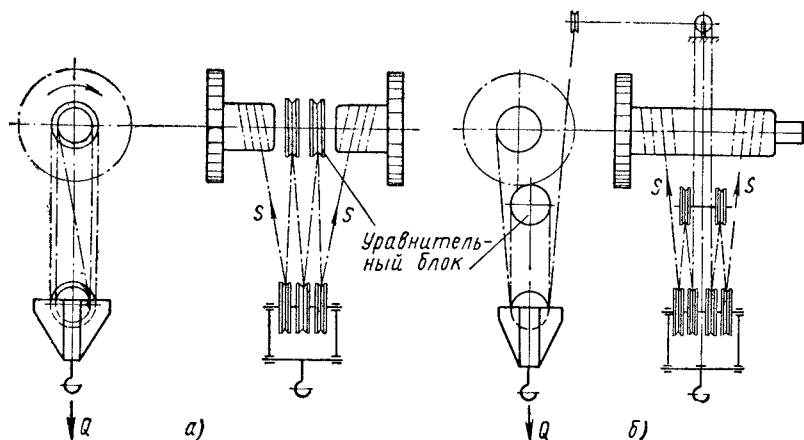
где k — коэффициент, определяемый из табл. 109; Q — вес поднимаемого груза в кг; S — натяжение сбегающего конца каната, наматываемого на барабан лебедки, в кг.

109. Величина коэффициента k

Число ниток полиспаста	Число отводящих блоков			
	0	1	2	3
	Коэффициент k			
1	0,96	0,92	0,88	0,85
2	1,88	1,81	1,73	1,66
3	2,75	2,65	2,55	2,44
4	3,62	3,47	3,33	3,20
5	4,44	4,26	4,09	3,92
6	5,21	5,00	4,80	4,61
7	5,96	5,72	5,49	5,27
8	6,69	6,42	6,17	5,92
9	7,33	7,09	6,80	6,53
10	8,04	7,72	7,41	7,12

Сдвоенные полиспасты. Особенностью сдвоенных полиспастов является крепление обоих концов каната на барабане и наличие уравнительного блока (фиг. 130).

Сдвоенные полиспасты применяются, в частности, на мостовых кранах.



Фиг. 130. Схемы сдвоенных полиспастов.

110. Одноблочные полиспастные обоймы для пеньковых канатов

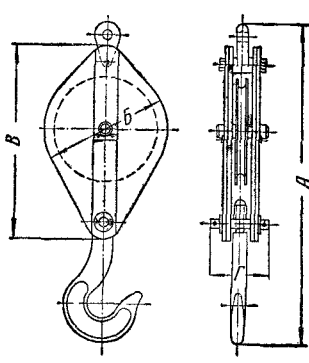
Продолжение табл. 110

	Диаметр каната d в мм	Число блоков в обойме	Грузоподъем- ность обоймы		L	B	B_1	D	Вес в кг
			в кг						
14,3	1	250	50	340	125	65	90	2,5	4,6
	2	500	1000	385					
	3	750	1000						
19,1	1	500	1000	425	165	85	115	4,9	7,2
	2	750	1000						
	3	1500	2000	465					

Диаметр каната <i>d</i> в мм	Число блоков в обойме	Грузоподъем- ность обоймы	Грузоподъем- ность крюка	<i>L</i>	<i>B</i>	<i>B</i> ₁	<i>D</i>	Вес в кг
		в кг						
28,7	1 2 3	2000	2000	560	240	105	170	11
		3000	3000	600		165		20
		5000	5000	670		225		33,2
36,6	1 2 3	2000	3000	705	310	130	220	19
		3000	5000	775		195		34
		5000	750	820		270		56

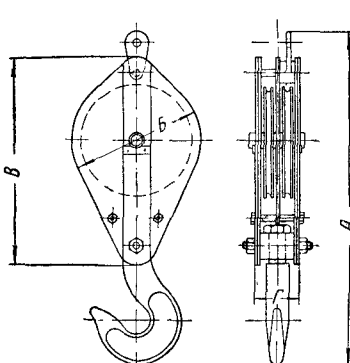
Эксплуатация блоков и полиспастов.
В процессе эксплуатации надлежит следить за смазкой оси блока и шариковой опоры крюка. Смазка производится солидолом. Перед установкой и не реже 1 раза в 6 мес. в процессе работы блоки должны осматриваться ответственным лицом. Все вращающиеся детали блока должны проворачиваться свободно, без заедания. Блоки должны храниться в закрытом сухом помещении густо смазанными во всех трущихся частях. Не допускается наличие обитых краев, особенно в местах касания гибкого элемента.

111. Одноблочные полиспастные обоймы завода „Красный такелажник“



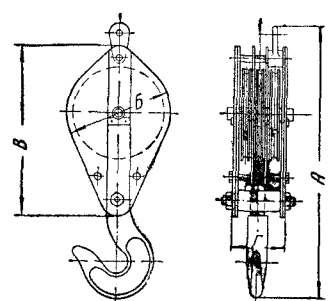
Грузоподъемность в т	A	B	V	Г	Вес в кг	Диаметр в мм	
	в мм					троса	ролика
1	450	170	295	80	3	12	150
2	580	220	305	85	12	15	200
3	680	245	425	100	23	17	225
4	770	270	480	105	29	18	250
5	825	295	515	115	35	20	275
6	895	320	560	128	44	22	300
8	965	345	610	135	61	24	325
10	1060	370	665	150	77	26	350
15	1195	420	755	198	112	30	400

112. Двублочные полиспастные обоймы завода „Красный такелажник“



Грузоподъемность в т	A	B	V	Г	Вес в кг	Диаметр в мм	
	в мм					троса	ролика
1	460	170	290	76	13	11	150
2	580	245	420	108	35	15	225
4	800	270	475	110	47	17,5	250
5	830	295	510	118	56	19,5	275
6	895	320	555	136	73	21,5	300
8	965	345	605	145	88	21,5	325
10	1060	370	660	160	120	24	350
15	1190	420	740	180	172	26	400

113. Трехблочные полиспастные обоймы завода „Красный такелажник“

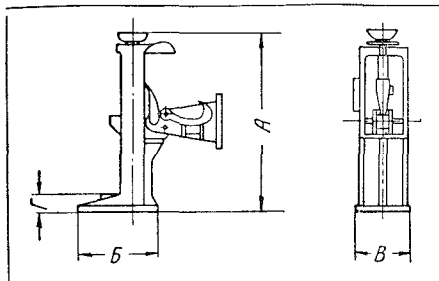


Грузоподъемность в т	A	B	V	Г	Вес в кг	Диаметр в мм	
	в мм					троса	ролика
1	463	170	290	106	17	11	150
2	574	220	355	123	31	14	200
3	682	245	416	149	46	16	225
4	816	270	470	153	62	17	250
5	830	295	505	163	77	18	275
6	898	320	550	186	100	20	300
8	967	345	600	201	114	22	325
10	1050	370	650	220	162	24	350
15	1190	420	735	247	232	26	400
20	1285	480	795	266	330	32	450

Домкраты

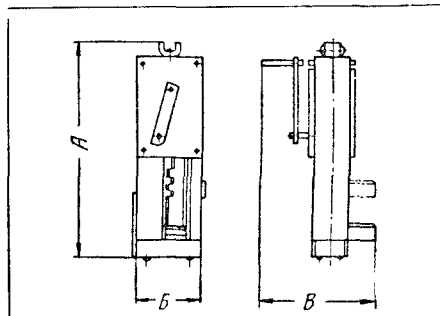
Реечные домкраты с зубчатой передачей. Реечный домкрат с зубчатой передачей состоит из корпуса (стального или деревянного со стальной оковкой), зубчатой рейки с прямыми зубьями с верхней поворотной головкой, лапой (башмаком) для подъема груза и ручным приводом с безопасной рукояткой (фиг. 131).

114. Домкраты рычажно-ручные типа БР-5



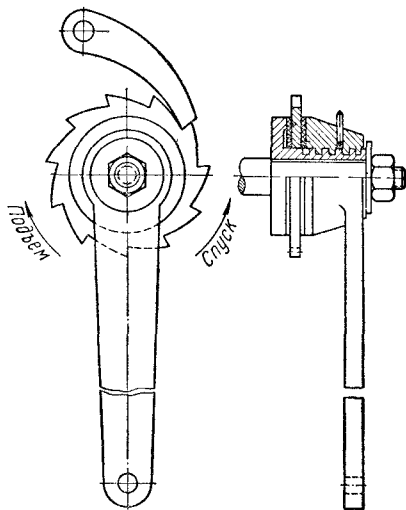
Грузоподъемность в т	Высота подъема груза в мм	A	B	B	Наименьшая высота лапы в мм	Вес в кг
		в мм				
5	308	590	300	170	52	35

115. Домкраты реечные



Тип	Грузоподъемность в т	Высота подъема груза в мм	A	B	B	Наименьшая высота лапы в мм	Вес в кг
			в мм				
Р-3	3	330	695	220	456	55	35
Р-6	6	380	950	266	496	120	70

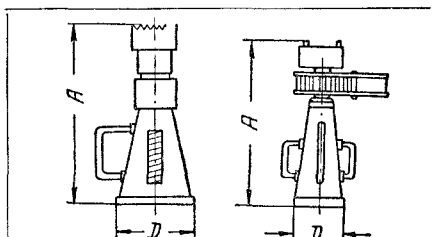
На приводном валу насажена на шпонке втулка с нарезкой, на которую навернута рукоятка. Между заплечиком втулки и рукояткой свободно насажено храповое



Фиг. 131. Винтовая безопасная рукоятка.

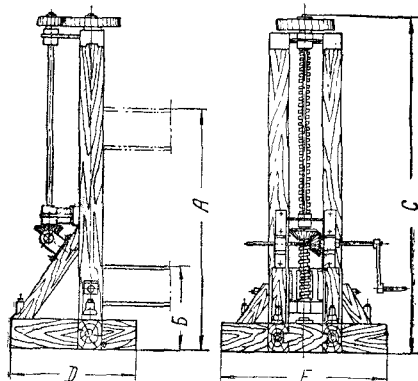
колесо, сцепляющееся с собачкой, закрепленной на корпусе домкрата. При вращении рукоятки по часовой стрелке она смещается влево по резьбе, в результате чего храповое колесо зажимается между

116. Домкраты винтовые



Тип	Грузоподъемность в т	Высота подъема груза в мм	A	D	Вес в кг
			в мм		
БО-3	3	130	300	130	6,2
БО-5	5	300	510	148	17,0
БТ-5	5	300	510	148	21,0
БТ-10	10	330	580	180	37
БТ-15	15	350	610	226	43

117. Домкраты козловые



Подъемная сила комплекта в т	Высота подъема в мм	Расстояние от подошвы рамы до верха поперечной балки в мм		Диаметр винта в мм	Высота С в мм	Размер основания рамы в мм		Вес комплекта в кг
		в высшем положении балки А	в низшем положении балки Б			Длина D	Ширина E	
33	615	1486	870	70	1380	1100	935	1800
45	1550	2000	450	90	2300	1100	900	2500
50	1900	2460	560	95	2860	1570	1465	2460
60	2060	2660	600	107	2930	1400	1240	3280

Примечание. Соединяются парно балками и применяются для подъема громоздких грузов, в частности, для подъема шаботов штамповочных молотов (см. стр. 850).

ее торцовой поверхностью и заплечиком втулки.

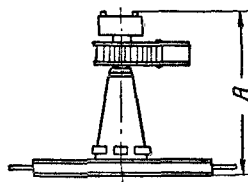
При прекращении вращения, под действием момента от груза, вал вместе со втулкой и зажатый храповым колесом поворачивается против часовой стрелки и собачка застопоривает храповое колесо, препятствуя опусканию груза.

Винтовые домкраты. Винтовые домкраты допускают подъем тяжелых грузов и обеспечивают точную остановку их в требуемом положении. К. п. д. винтовых домкратов 0,3—0,4; скорость подъема от 15 до 35 мм/мин.

Гидравлические домкраты. Подъем особенно тяжелого оборудования может производиться несколькими гидравлическими домкратами, работающими на параллельном соединении с трубопроводом от центрального коллектора, питаемого общим насосом (фиг. 132).

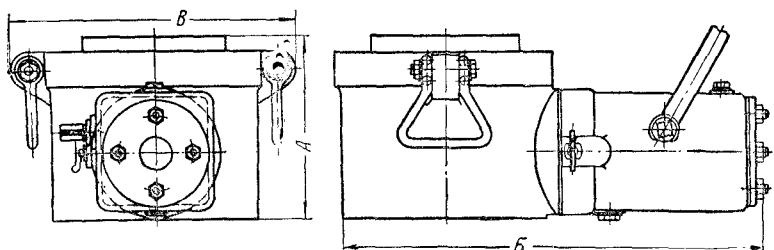
Равномерность подъема груза контролируется гидравлическими уровнями (дав-

118. Домкраты винтовые на салазках



Грузоподъемность в т	Диаметр вертикального винта в мм	Высота спущенного домкрата А в мм	Высота подъема в мм	Ход (перемещение) на салазках в мм	Общий вес в кг
10	60	450	250	300	80
15	66	660	345	300	100
20	76	680	360	360	145
25	90	690	360	370	165

119. Гидравлические домкраты



Тип	Грузоподъемность в т	Высота подъема груза в мм	Диаметр поршня в мм	A	B	B	Давление жидкости в кг/см ²	Время подъема на 155 мм при 20 размахх рукоятки в мин.	Вес в кг
				в мм					
ГД-100	100	180	180	310	670	405	392	23	180
ГД-200	200	180	250	330	775	500	408	30	250

лениями жидкости в домкратах). Нагрузка на один домкрат определяется по формуле

$$Q = p \frac{\pi d^2}{4 \cdot 1000} \cdot m,$$

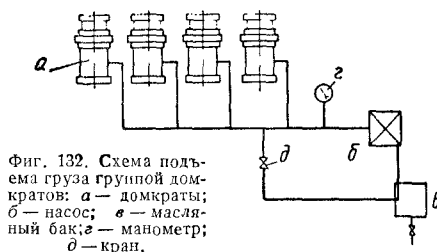
где p — показания манометра в кг/см²; d — диаметр поршня домкрата в см

120. Нагрузка на гидравлический домкрат при различных давлениях по манометру

Давление воды в кг/см ²	Нагрузка на домкрат в т	
	Домкрат грузоподъемностью 100 т, $d = 180$ мм, типа ГД-100	Домкрат грузоподъемностью 200 т, $d = 250$ мм, типа ГД-200
100	25,4	49,1
150	38,1	73,6
200	50,8	98,2
250	63,5	122,8
300	76,2	147,3
350	89,0	171,8

Эксплуатация домкратов. При износе винта или гайки у винтового домкрата или зубьев шестерен у реечных домкратов более 20%, домкрат к работе не допускается.

При работе с гидравлическими домкратами между головкой домкрата и поднимаемыми элементами должна быть уложена деревянная прокладка. Гидравлическими домкратами запрещается работать без манометра и предохранительных колец.



Фиг. 132. Схема подъема груза группой домкратов: а — домкраты; б — насос; в — масляный бак; г — манометр; д — кран.

Перед началом работы обязательны предварительный осмотр и проверка работоспособности домкратов.

Тали

По роду привода различают тали с ручными и электрическими приводами. По роду передач ручные тали подразделяются на тали с червячными передачами и с зубчатыми передачами.

Ручная таль с червячной передачей состоит из обоймы (корпуса), в которой расположена червячная пара с двухходовым червяком с углом подъема винтовой линии $\alpha = 17^\circ \div 20^\circ$ и цепная звездочка. К корпусу в средней части закреплен конец грузовой цепи. На валу червяка установлен грузоупорный пластинчатый тормоз с храповым колесом. Торможение происходит от осевой силы на червяке, возникающей под действием поднимаемого груза.

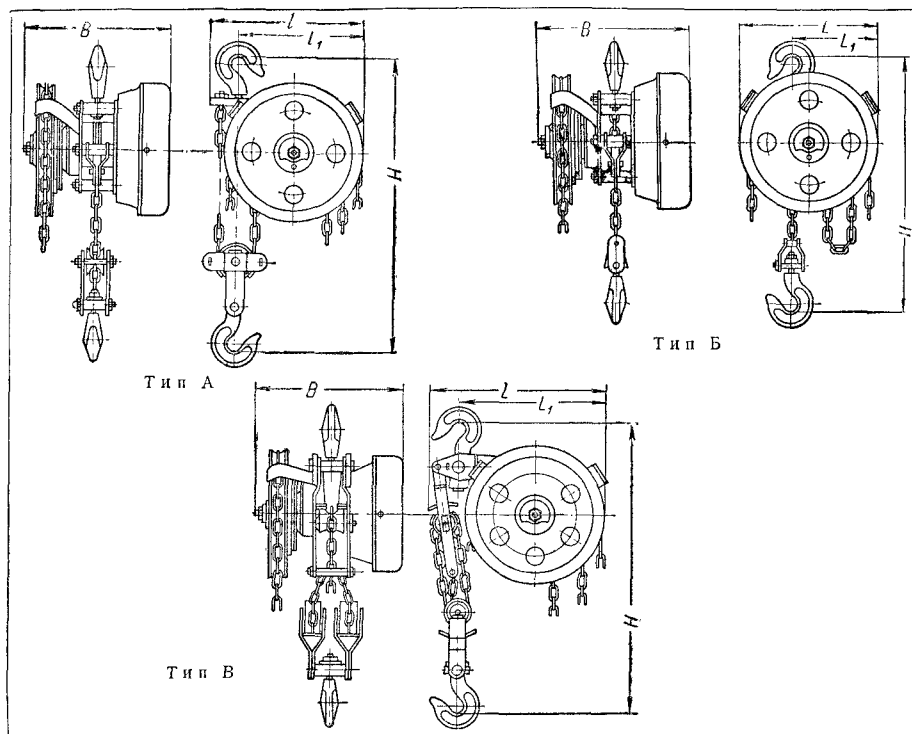
В механизме шестеренной тали для уменьшения габаритных размеров и веса

применена планетарная передача. Для устройства грузопорного тормоза на приводном валу на втулке с винтовой нарезкой насажено тяговое цепное колесо и свободно установлен блок грузовой цепи и колесо храпового останова.

На концевой части вала нарезана веду-

щая шестерня, а в корпусе тали на внутренней поверхности его имеются зубья большого неподвижного колеса, по которому перекатываются две малые одинаковые шестерни, свободно сидящие на осях, закрепленных в водиле, связанном с грузовой цепной звездочкой.

121. Тали шестеренные



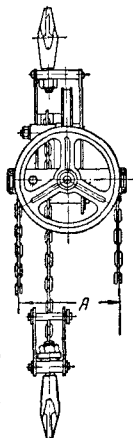
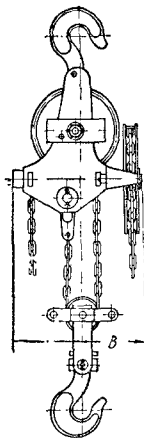
Тип Б

Тип А

Тип В

Тип	Грузо- подъем- ность в т	Высота подъема в м	<i>H</i> в встав- ном виде	<i>L</i>	<i>B</i>	<i>L</i> ₁	Тяговое усилие цепи меха- низма подъема в кг не более	Скорость подъема груза в м/мин	Вес в кг не бо- лее
			в мм не более						
А	0,25	3	310	195	250	135	22	2,65	25
	0,5	3	340	260	250	170	26	1,45	34
	1	3	420	270	280	180	32	0,90	50
	2	3	520	320	330	220	48	0,65	80
	3	3	690	330	330	280	40	0,35	110
Б	3	3	690	420	380	285	55	0,50	120
	5	3	860	460	380	355	50	0,26	170
В	10	3	1210	660	380	480	55	0,13	280

122. Тали червячные (ГОСТ 1107-54)

		Грузоподъемность в т	Высота поднимаемого груза в м	H в стянутом виде		Тяговое усилие на цепи механизма подъема в кг	Скорость подъема груза в м/мин	Вес с цепями не более	
				в мм не более				сварными	пластинчатыми
		1	3	610	270 290	35	0,60	40	45
		3	3	960	370 360	65	0,33	80	90
		5	3	1180	480 460	75	0,23	145	18
		10	3	1610	670 670	75	0,12	—	410

123. Кошки ручные (ГОСТ 47-54)

Тип А

Тип Б

Тип	Грузоподъемность в т	№ двутавровых балок (ОСТ 10016-39)	Радиус закругления одно-рельсового пути в м	B ₁	B	L	h ₁	b	h	Тяговое усилие на цепи механизма передвижения в кГ не более	Вес в кГ не более
				в мм не более							
Б	0,5	14 16 18	1,5	—	110	280	20	10	60	—	15
Б	1	16 18 20	1,5	—	120	300	20	10	80	—	20
А		16 18 20	1,5	200	140	310	20	10	80	8	35
А	2	20 22 24	2,0	200	150	360	25	12	110	15	50
А	3	22 24 27	0,2	200	150	360	25	14	125	18	60
А	5	30 33 36	2,3	240	175	450	30	14	150	25	90

124. Кошки ручные со встроенным подъемным червячным механизмом (ГОСТ 1106-54)

Грузоподъемность в т	№ двутавровых балок однорельсо- вого пути	Радиус закругле- ния однорельсо- вого пути в м не менее	Высота подъема в м	H в станю- том виде	B ₁	B	L	h	b	B ₃	B ₂	Тяговое усилие на цепи меха- низма в кг не более		Скорость подъема груза в м/мин	Вес в кг не более с цепями	
												подъе- ма	перед- виже- ния		свар- ными	пла- стинча- тыми
1	16—32	1,5	3	540	200	140	310	16	10	140	170	35	8	0,6	70	85
3	22—45	2,0	3	830	230	150	360	16	12	210	220	65	18	0,33	135	145
5	30—45	2,3	3	1040	270	210	460	16	14	230	320	75	25	0,23	250	300
10	40—50	3,5	3	1500	300	300	250	16	14	340	440	75	25	0,12	—	630

К. п. д. червячных талей лежит в пределах 0,53—0,77; к. п. д. шестеренных талей 0,7—0,85.

Эксплуатация талей. Перед работой таль необходимо тщательно осмотреть, установив исправность тормоза, наличие шплинтов или расклепки на концах оси червяка, отсутствие повреждений на блоках и цепях, плавность работы механизма.

В процессе работы надлежит следить за смазкой трущихся частей и не допускать перекручивания цепей.

Тали укрепляются неподвижно или подвешиваются к перемещающимся вдоль балок тележкам (кошкам). Последние выполняются как с механизмом передвижения, так и без него.

Тельферы

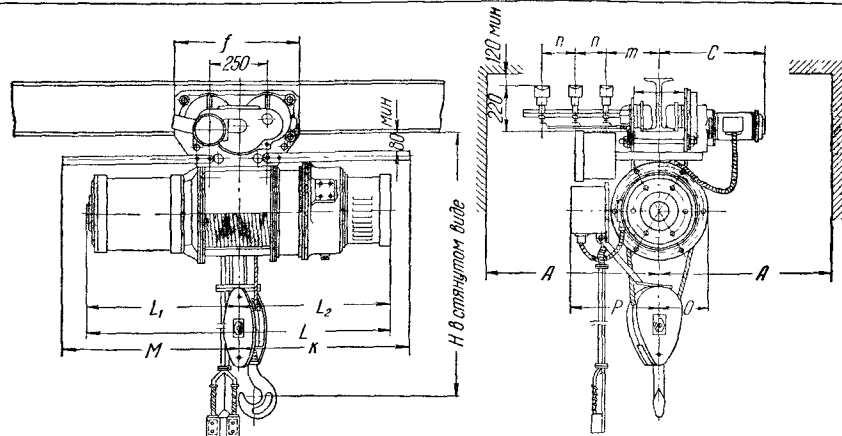
Тельфер представляет собой таль с электроприводом, связанную с тележкой, снабженной ручным или электрическим при-

водным механизмом передвижения. Тельферы применяются как для вертикального подъема и спуска грузов, так и для горизонтального их перемещения вдоль монорельсового пути. Управление тельферами может осуществляться с пола и из кабины, подвешенной к тельферу. Надзор и наблюдение за тельферами должны осуществляться согласно правилам Госгортехнадзора.

Эксплуатация тельферов. Тельферы не должны использоваться для отрывания примерзших, застрявших предметов. Нельзя допускать раскачивания висящего груза и отклонения его при подъеме и спуске в сторону от вертикали более чем на 6°.

Прекращение подъема груза при помощи конечного выключателя (ограничителя подъема), как правило, не должно допускаться. Тельфер должен быть снабжен опорными деталями, отстоящими от нижних полок монорельса не более чем

125. Тельферы электрические



Марка тельфера	Грузоподъемность в кг	Высота подъема в м	Скорость подъема в м/мин	Строительная вы- сота тельфера в мм	Вес тельфера в кг	Максимальное да- вление на ходовое колесо в кг	№ профиля двутавровой балки монорельсового пути (ОСТ 10С16-39)	Скорость передви- жения в м/мин	Мощность электро- двигателя меха- низма подъема в кВт	Мощность электро- двигателя меха- низма передви- жения в кВт	в мм													
											A	C	f	H	K	L ₁	L ₂	L	M	t	n	O	P	
ТВ-05	500	6	8	680	91	148	14—22	—	0,85	—	—	—	220	680	—	338	295	633	—	—	—	—	—	
ТВ-112	1000	12	8	1110	580	355	24—30	30	2,4	0,65	—	418	480	1110	362	—	525	1337	—	195	115	215	328	
ТВ-121	1000	6	8	1066	490	475	24—30	20	2,4	0,65	—	418	480	1066	—	—	630	1135	—	—	—	215	328	
ТВ-212	2000	12	8	1210	620	611	24—30	30	3,5	0,65	—	418	480	1210	392	—	525	1377	—	195	115	215	328	
ТВ-221	2000	6	8	1165	550	650	24—30	20	3,5	0,65	—	418	480	1165	—	—	640	1185	—	—	—	215	328	
ТВ-301	3000	6	8	1520	880	1000	24—45	30	4	1,5	650	512	520	1520	890	580	790	1370	680	225	115	270	456	
ТВ-306	3000	20	8	1630	1260	710	24—45	30	5	1,7	650	—	520	1630	930	1006	828	1834	1150	225	115	270	456	
ТВ-501	5000	6	8	1780	1250	1550	24—45	30	5,6	1,5	650	395	520	1780	830	885	720	1605	985	225	115	270	456	
ТВ-504	5000	20	8	1780	1630	830	24—45	30	7,5	1,7	650	395	520	1780	1215	1242	1117	2359	1835	225	115	270	456	

на 20 мм, предохраняющими тельфер от соскакивания с монорейса в случае поломки колес или их осей.

На концах монорейса должны быть установлены упоры, а тельфер должен быть снабжен упругими буферами.

Лебедки

Лебедками называют грузоподъемные машины, в которых грузовой канат набегаёт при подъеме груза на барабан.

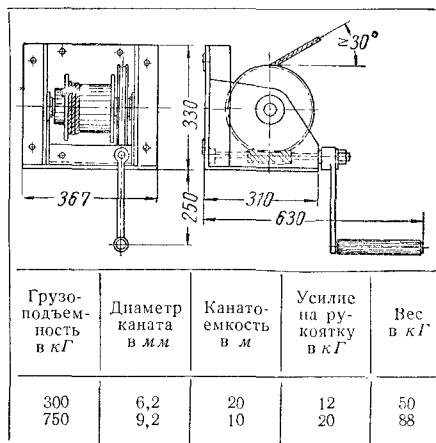
Лебедки бывают с ручным приводом и с механическим приводом.

Технические характеристики лебедок с ручным и механическим приводом даны в таблицах 126—129.

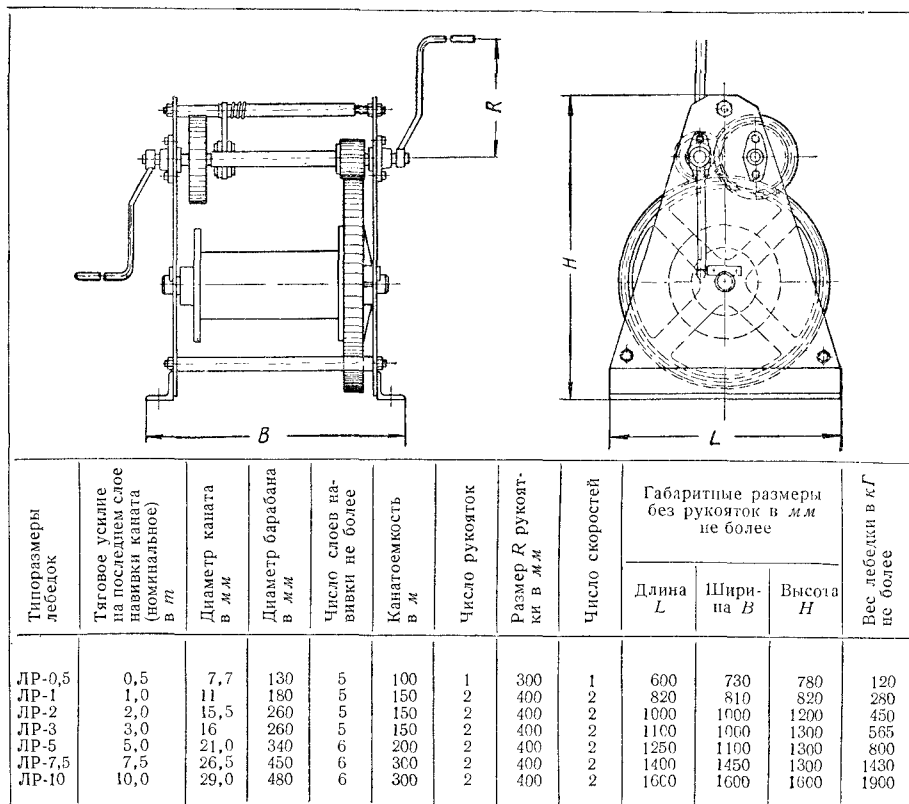
Все ручные лебедки, как правило, должны быть снабжены безопасными рукоятками или грузоупорными тормозами.

Зубчатые колеса у лебедок с цилиндрическими зубчатыми передачами должны

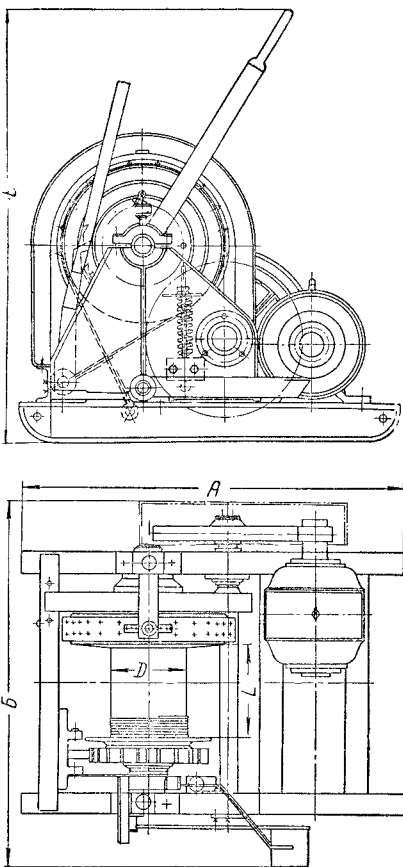
126. Лебедки настенные треста „Стальпром-механизация“ с ручным приводом



127. Лебедки ручные общего назначения (ГОСТ 7014-54)



128. Механические (приводные) однобарабанные лебедки с фрикционной передачей

Тип лебедки	T-39	T-109	T-40	Эскиз
Тяговое усилие в т . .	0,5	1,0	1,25	
Диаметр каната в мм . .	7,7	11	13	
Число слоев навивки . .	3	3	5	
Канатоемкость в м . . .	56	80	165	
Скорость каната на первом слое в м/мин . . .	36	35	40	
Электродвигатель: мощность в кВт число оборотов в минуту	4,3 1445	7 970	12 1460	
Размеры барабана в мм: D L	200 250	210 390	230 460	
Габаритные размеры в мм: А Б В	1090 950 1150	1400 1185 985	1670 1734 1225	
Вес без электродвигателя в кг	314	450	650	

выполняться из стали (стальные кованные или стальные литые). При окружных скоростях зубчатых колес более 1,5 м/сек они должны помещаться в закрытых масляных ваннах.

Тормозной электромагнит у лебедок с машинным приводом должен быть включен параллельно с электродвигателем, так, чтобы в случае прекращения подачи тока к мотору тормоз автоматически срабатывал.

Длина барабана лебедки должна быть достаточной, чтобы при наименьшем поло-

жении груза на барабане оставалось не менее 1,5 витка каната.

Эксплуатация лебедок. Периодические осмотры лебедок должны производиться не реже 1 раза в месяц, а также перед каждым подъемом груза предельного веса.

Для направления каната при наматывании на барабан рекомендуется устанавливать на лебедке тросоукладчик с подвижными направляющими роликами (фиг. 133). Необходимо следить за смазкой трущихся деталей и систематически возобновлять ее.

129. Механические (приводные) лебедки с зубчатой передачей

Тип лебедки	Т-66	Л-1001	Л-3602	Т-173	Эскиз
Тяговое усилие в т . .	0,5	1,0	3,0	5,0	
Диаметр каната в мм .	7,7	11	17,5	22,5	
Число слоев навивки	3	3	5	5	
Канатоемкость барабана в м	85	75	150	330	
Скорость каната на первом слое в м/мин	20	18,2	8,25	30	
Электродвигатель: мощность в квт число оборотов в минуту	2,7 960	4,5 1440	7 1440	30 730	
Размеры барабана в мм: D L	160 450	168 470	273 500	422,5 985	
Габаритные размеры в мм: A B B	850 885 550	890 813 500	1620 1186 747	2120 1775 1160	
Вес без пусковой аппаратуры в кг	324	273	685	2510	

Установка лебедок. Ось барабана установленной лебедки должна быть перпендикулярна направлению каната, а ось ролика ближайшего отводного блока должна лежать на линии, перпендикулярной к середине длины барабана лебедки (фиг. 134).

Расстояние между осью барабана и осью направляющего блока должно быть не менее $20a$, где a — длина барабана.

Для закрепления лебедки на месте рама лебедки может прикрепляться к частям здания (колонам, ригелям и т. п.).

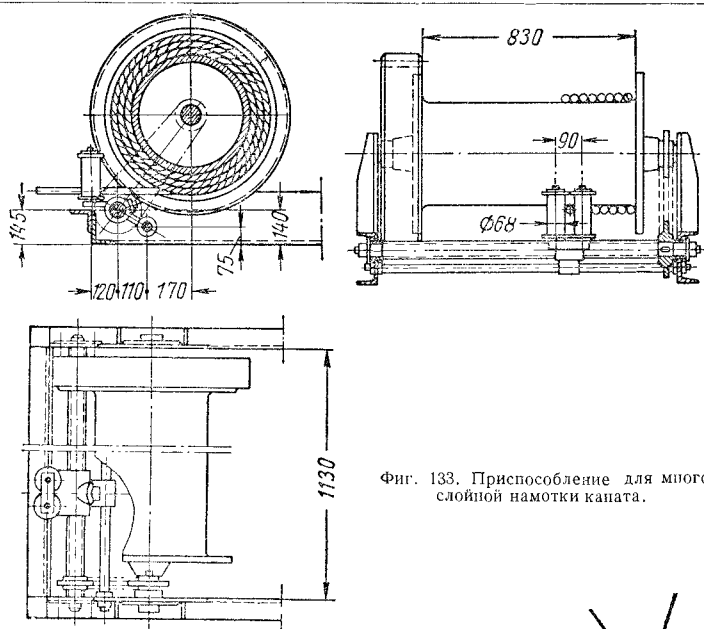
При установке лебедок вне зданий лебедка укрепляется с помощью противовеса (фиг. 135).

Вес противовеса определяется по формуле

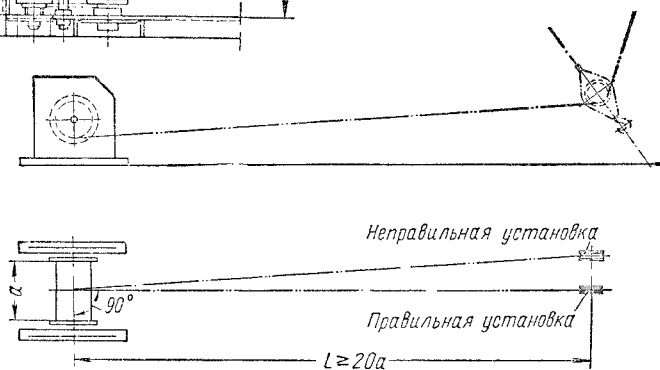
$$Q = 1,5 \frac{Sa}{b} [м],$$

где S — грузоподъемность лебедки.

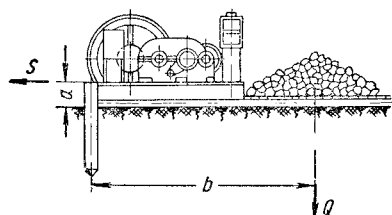
Установка лебедок может производиться также на специальных деревянных рамах, закрепленных за якорь (фиг. 136).



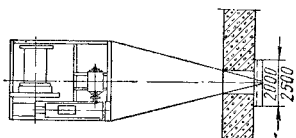
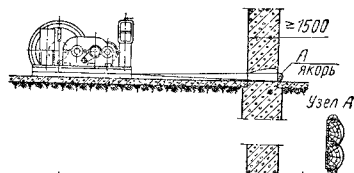
Фиг. 133. Приспособление для многослойной намотки каната.



Фиг. 134. Схема установки ближайшего отводного блока.



Фиг. 135. Установка лебедки с противовесом.



Фиг. 136. Установка лебедки на деревянной раме.

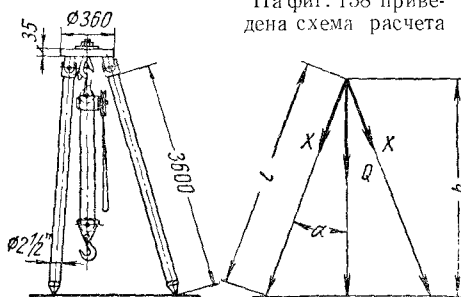
Треноги и козлы

Треноги применяются для подъема тяжестей при помощи талей. Треноги изготавливаются обычно из стальных труб. Деревянные треноги применяются сравнительно редко, они представляют собой конструкцию из трех бревен, шарнирно связанных друг с другом сквозным болтом.

При установке треног на настилы и гладкие полы их ноги необходимо закреплять.

На фиг. 137 изображена конструкция треноги, выполненной из труб.

На фиг. 138 приведена схема расчета



Фиг. 137. Тренога, изготовленная из металлических труб.

Фиг. 138. К расчету треноги.

треноги. Усилие в ноге треноги X может быть определено из уравнения

$$3X \cos \alpha - Q = 0,$$

где Q — вес подвешенного к треноге груза вместе с весом тали, откуда

$$X = \frac{Q}{3 \cos \alpha}; \quad \cos \alpha = \frac{h}{l};$$

следовательно,

$$X = \frac{Ql}{3h}.$$

Необходимая площадь сечения ног определяется по формуле

$$F = \frac{X}{[\sigma] \varphi},$$

где $[\sigma]$ — допускаемое напряжение, принимается равным для Ст. 3 (стали 20) 1400 кг/см^2 , для дерева (сосна, ель) — 130 кг/см^2 ; φ — коэффициент понижения допускаемых напряжений принимается по табл. 130 и 131, в зависимости от гибкости $\lambda = \frac{l}{r}$, где l — длина элемента;

r — радиус инерции сечения, для круглого сечения $r = \frac{D}{4}$, для труб $r \approx 0,35D$ (D — наружный диаметр трубы).

130. Коэффициент φ уменьшения допускаемого напряжения при продольном изгибе центрально сжатых стержней для стали Ст. 3 (стали 20)

Гибкость элемента λ	φ	Гибкость элемента λ	φ	Гибкость элемента λ	φ
0	1,00	70	0,81	140	0,36
10	0,99	80	0,75	150	0,29
20	0,96	90	0,69	160	0,26
30	0,94	100	0,60	170	0,23
40	0,92	110	0,52	180	0,21
50	0,89	120	0,45	190	0,19
60	0,86	130	0,40	200	0,19

131. Коэффициент φ уменьшения допускаемого напряжения при продольном изгибе для дерева (по Н и ТУ 122-55)

Гибкость элемента λ	φ	Гибкость элемента λ	φ	Гибкость элемента λ	φ
30	0,93	90	0,383	150	0,138
40	0,872	100	0,310	160	0,12
50	0,800	110	0,25	170	0,11
60	0,68	120	0,215	180	0,10
70	0,60	130	0,183	190	0,09
80	0,484	140	0,158	200	0,08

Треноги обычно делают высотой до 4 м и грузоподъемностью 1—3 т.

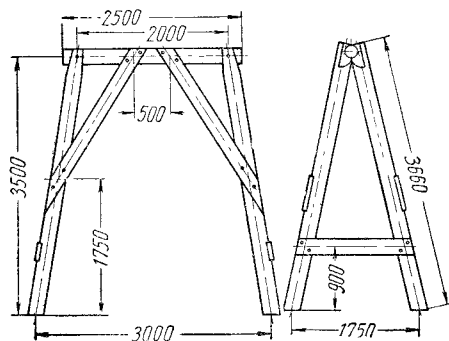
Козлы (фиг. 139) изготавливаются чаще всего из бревен, причем для придания им



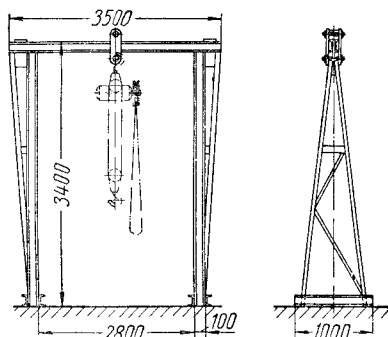
Фиг. 139. Схемы козел.

большей жесткости ноги расширяются досками на ребро (фиг. 140). Высота козел принимается обычно от 2 до 5 м.

На фиг. 141 изображена схема козел, выполненных из прокатного железа (швеллера и угольника).



Фиг. 140. Козлы из дерева.



Фиг. 141. Козлы сварные из прокатной стали.

Размер сечения верхней балки козел определяется из условий прочности на изгиб:

$$W = \frac{M_u}{\sigma_b},$$

где W — момент сопротивления сечения в см^3 ; M_u — изгибающий момент под действием поднимаемого груза Q в кгсм ;

$$M_u = \frac{Ql}{4} \quad (l — \text{длина верхней балки});$$

σ_b — допускаемое напряжение на изгиб в кг/см^2 .

Монтажные стрелы

Монтажные поворотные стрелы (фиг. 142) применяются при монтаже и демонтаже оборудования внутри зданий. Вертикальные и горизонтальные нагрузки

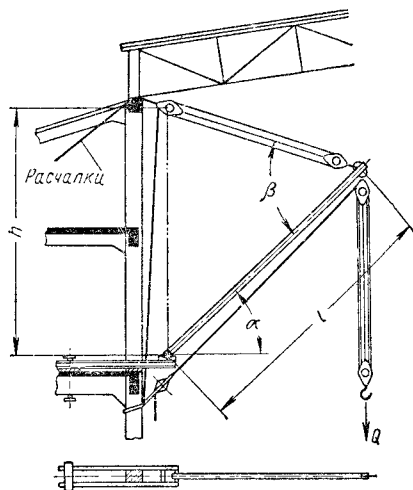
от стрел передаются на основные узлы зданий.

Стрелы грузоподъемности 8—25 т изготавливаются в большинстве случаев из бесшовных стальных труб.

Зона действия стрелы в горизонтальной плоскости около 180° , в вертикальной плоскости в пределах угла α наклона стрелы к горизонту 30° — 80° .

Стрела оборудуется двумя лебедками: для подъема груза и для изменения угла наклона стрелы.

Соотношение углов между полиспастом, поддерживающим стрелу, и углом наклона



Фиг. 142. Установка монтажной стрелы.

подкоса к горизонтали должно лежать в следующих пределах: при угле наклона стрелы $\alpha = 30^\circ$ угол β должен быть не менее 45° , а при $\alpha = 80^\circ$ угол β может быть в пределах 25° — 90° . При этих условиях высота h привязки полиспаста лежит в пределах $(0,76 \div 1)l$ и уточняется по расположению углов здания, на которое могут быть переданы нагрузки.

Расчет стрел. На фиг. 143 приведена схема усилий, воспринимаемых стрелой. Усилия на завязку верхнего блока грузового полиспаста без учета натяжения сбегающего конца каната

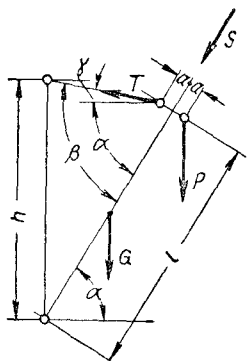
$$P = (Q + q)k,$$

где Q — вес груза в кг ; q — вес полиспаста в кг ; k — коэффициент динамичности ($k = 1,3$).

Усилие на полиспаст наклона стрелы

$$T = \frac{G \frac{l}{2} \cos \alpha + P \left(l \cos \alpha + a \cos \alpha + \frac{a}{\eta n} \right)}{l \sin \beta + a \cos \beta},$$

где G — собственный вес стрелы; l — длина стрелы; α — угол наклона стрелы к горизонту; a — расстояние от точки крепления полиспаста до оси стрелы; n — число ниток грузового полиспаста; η — к. п. д. грузового



Фиг. 143. Схема расчета стрелы.

полиспаста; $\beta = \alpha + \gamma$, где γ определяется из формулы

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{h - l \sin \alpha - a \cos \alpha}{l \cos \alpha - a \sin \alpha}.$$

Полное усилие вдоль оси стрелы

$$S = P \sin \alpha + T \cos \beta + \frac{P}{\eta n}.$$

Изгибающий момент, действующий на среднее сечение стрелы,

$$M = \frac{P}{\eta n} a - G \cos \alpha \frac{l}{8} + P \sin \alpha a - T \cos \beta a.$$

Суммарное напряжение в среднем сечении стрелы

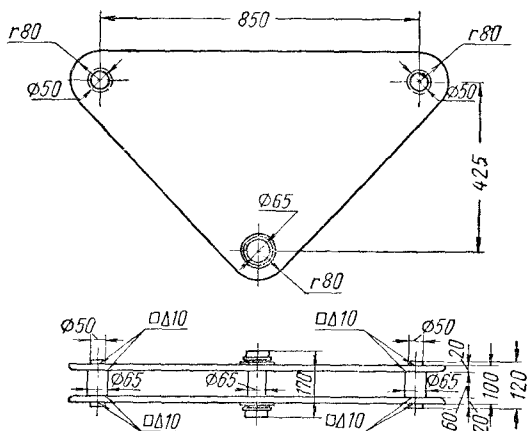
$$\sigma = \frac{S}{F \varphi} + \frac{G \sin \alpha}{2 F \varphi} + \frac{M}{W},$$

где F — площадь поперечного сечения трубы в см^2 ; φ — коэффициент уменьшения допускаемого напряжения, опреде-

ляемый из табл. 130; W — момент сопротивления сечения трубы в см^3 .

Проверка напряжений в стреле должна производиться для обоих крайних положений ($\alpha = 30^\circ$ и $\alpha = 80^\circ$).

Установка и закрепление стрел. Нагрузки на строительные узлы зданий от монтажных стрел должны быть согласованы с проектом здания. При выборе числа стрел, длины их и места распо-



Фиг. 144. Траверса грузоподъемностью 25 т.

ложения следует руководствоваться возможностью максимального охвата площади в плане и подъема оборудования на требуемую высоту.

Для передачи нагрузки от полиспаста наклона стрелы на узлы здания при различных положениях стрелы в плане применяется специальная траверса (фиг. 144).

Перед подъемом монтажной стрелы ее опора и узел для крепления полиспаста подъема стрелы должны быть полностью смонтированы. Подъем стрелы рекомендуется производить полиспастом наклона стрелы, для чего верхний блок этого полиспаста крепится на своем месте. Подъем стрелы производится вместе с оснащенный грузовым полиспастом.

После подъема стрелы полиспастом ее наклона пята стрелы устанавливается в подпятник.

Отклонение грузового полиспаста в направлении, не совпадающем с плоскостью стрелы, не допускается вследствие возникновения дополнительных усилий на лебедку поворота стрелы.

Мачты

Мачты деревянные. Деревянные мачты применяются обычно для подъема грузов весом до 6 т на высоту до 10 м. Материал стоек мачт — сосна полусухая 2-го сорта; допускается замена полусухой елью 1-го или 2-го сорта. Материал верхних поперечин во всех случаях — сосна полусухая 2-го сорта. В зависимости от нагрузки стойки деревянных мачт изготавливаются из одного, двух или трех бревен.

Для придания мачте вертикального или несколько наклонного положения, как это чаще всего делается, она расчаливается вантами (расчалками), которые устанавливаются в количестве не менее четырех под углом не более 45° к горизонту. У земли ванты крепятся к неподвижным точкам — анкерам.

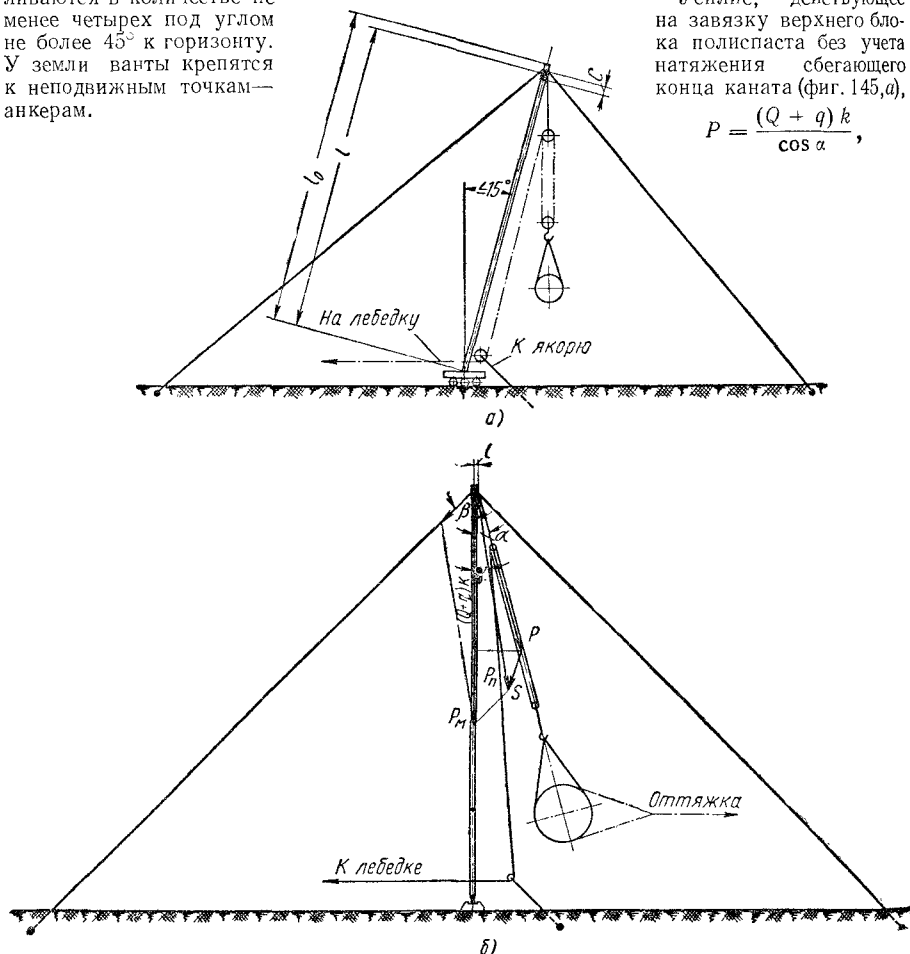
На фиг. 145 приведена схема установки деревянной мачты, а на фиг. 146—148 изображены типовые конструкции деревянных мачт и их узлов.

Мачты из стальных труб. Для подъема грузов на высоту до 30 м применяются стальные мачты, изготовленные из цельнотянутых труб. Типовые узлы мачты из труб изображены на фиг. 149. В табл. 132 приведены размеры деталей в узлах мачты из труб, а в табл. 133 приведены размеры высоты завязки верхнего блока полиспаста.

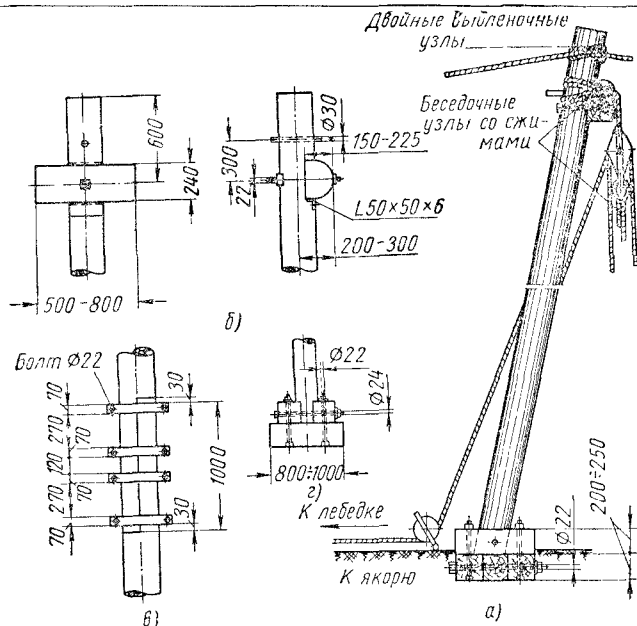
Расчет мачт. Расчет мачты сводится к определению необходимых размеров мачты, вант и анкеров.

Усилие, действующее на завязку верхнего блока полиспаста без учета натяжения сбегающего конца каната (фиг. 145, а),

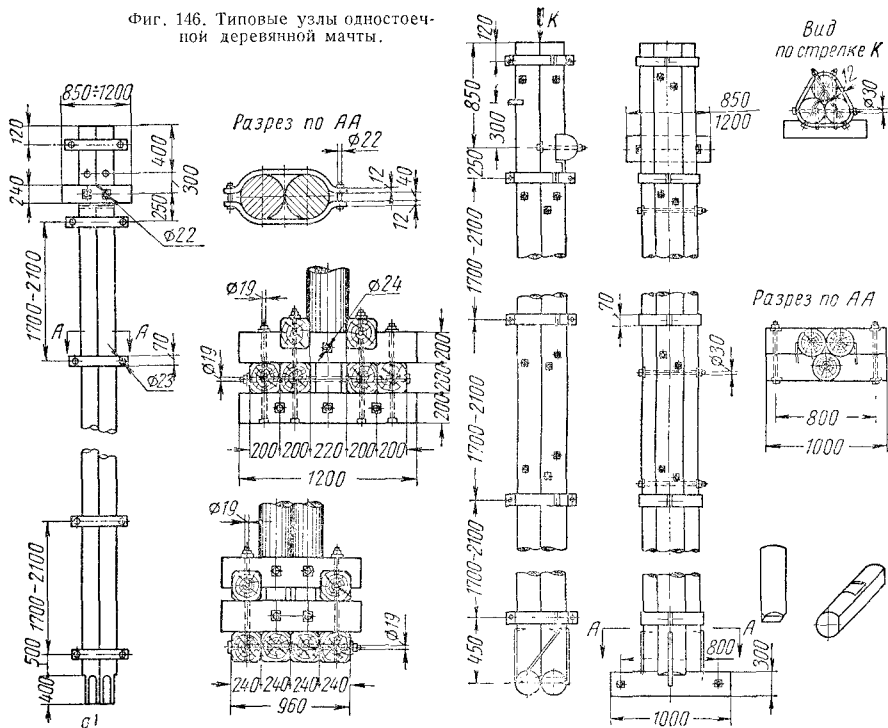
$$P = \frac{(Q + q) k}{\cos \alpha},$$



Фиг. 145. а — схема установки мачты; б — расчетная схема металлической мачты.



Фиг. 146. Типовые узлы одностоечной деревянной мачты.



Фиг. 147. Деревянная мачта из двух бревен.

Фиг. 148. Деревянная мачта из трех бревен.

132. Размеры в мм деталей в узлах мачт из труб

Мачта	Труба поперечная		Штырь		Башмак	Плита		Косынка		Профиль уголка	Длина уголка
$D_H \times S$	$d_H \times S_1$	L_1	d_2	L_2	$d_3 \times S_2$	a	b	c	b_1		
159×4,5	159×5,5	360	20	360	219×7	250	10	65	8	60×60×6	500
219×7	159×5,5	420	24	420	273×8	300	10	70	8	60×60×6	600
273×8	159×5,5	470	30	470	325×8	360	12	75	10	75×75×8	800
325×8	159×5,5	525	30	525	377×8	420	12	80	10	75×75×8	1000
377×8	219×9	580	40	580	426×9	480	14	85	12	100×100×10	1200
426×9	219×9	630	40	630	470×10	550	14	90	12	100×100×10	1500

133. Высота завязки верхнего блока полиспаста

Грузо-подъемность полиспаста в т	h по фиг. 150 в мм	Грузо-подъемность полиспаста в т	h по фиг. 150 в мм
1	200	10	350
2	200	15	450
3	250	20	550
5	300	25	550

где Q — наибольший вес поднимаемого груза в кг; q — вес полиспаста в кг; k — коэффициент динамичности нагрузки, принимаемый обычно равным 1,3—1,4; α — угол между направлением полиспаста и осью мачты.

Натяжение сбегающего конца каната

$$S = \frac{P}{n\eta},$$

где n — число ниток полиспаста; η — к. п. д. полиспаста.

Полное усилие на завязку верхнего блока полиспаста

$$P_n = \frac{P \sin \alpha}{\sin \gamma},$$

где угол γ определяется из уравнения

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{P \sin \alpha}{P \cos \alpha + S}$$

Натяжение расчалки

$$P_p = \frac{P_n \sin \gamma}{\sin \beta},$$

где β — угол между направлениями расчалки и осью мачты.

Усилие вдоль оси мачты

$$P_m = P_n \cos \gamma + P_p \cos \beta.$$

Изгибающий момент от нецентрального приложения нагрузки полиспаста

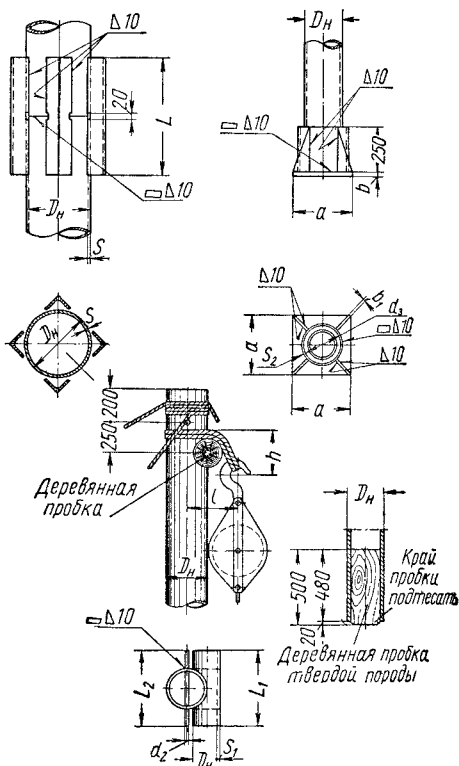
$$M = P_n C \cos \gamma,$$

где C — плечо от точки подвески полиспаста до оси мачты в см.

Напряжение в мачте

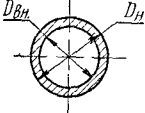
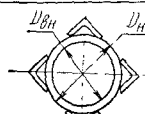
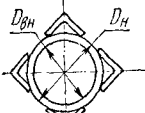
$$\sigma = \frac{P_m}{F_\varphi} + \frac{M}{W},$$

где F — площадь поперечного сечения в см²; φ — коэффициент уменьшения допускаемого напряжения при продольном изгибе; W — момент сопротивления опасного сечения мачты в см³.



Фиг. 149. Мачта из стальных труб и ее узлы.

134. Значение φ для различных высот наиболее употребительных сечений мачт из труб

Сечение мачты	Диаметр трубы $\frac{D_H}{D_{вн}}$ в мм	Расчетная высота мачты в м											
		8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
 Труба	159/150 219/205 273/257 325/309 377/361 426/408	0,333 0,522 0,642 0,729 — —	0,232 0,377 0,517 0,625 0,700 0,752	— 0,281 0,402 0,528 0,614 0,677	— 0,216 0,310 0,427 0,522 0,594	— — 0,251 0,341 0,437 0,522	— — 0,200 0,284 0,362 0,442	— — — 0,238 0,304 0,377	— — — 0,198 0,263 0,319	— — — — 0,227 0,281	— — — — 0,191 0,246	— — — — — 0,216	— — — — — —
 Труба, усилен- ная уголками 75×75×8	159/150 219/205 273/257 325/309 377/361 426/408	0,448 0,594 0,689 0,758 — —	0,313 0,460 0,574 0,666 0,724 —	0,232 0,341 0,460 0,568 0,642 0,695	— 0,268 0,357 0,471 0,554 0,625	— 0,214 0,292 0,382 0,471 0,545	— — 0,241 0,316 0,397 0,477	— — 0,196 0,268 0,333 0,402	— — — 0,227 0,287 0,345	— — — 0,191 0,251 0,301	— — — 0,216 0,251 0,263	— — — — 0,185 0,234	— — — — — 0,203
 Труба, усилен- ная уголками 100×100×10	159/150 219/205 273/257 325/309 377/361 426/408	0,448 0,608 0,700 0,769 — —	0,316 0,477 0,591 0,677 0,741 —	0,236 0,357 0,479 0,585 0,660 0,706	— 0,279 0,382 0,494 0,579 0,637	— 0,223 0,307 0,402 0,494 0,568	— — 0,253 0,329 0,422 0,494	— — 0,210 0,279 0,349 0,427	— — — 0,238 0,301 0,362	— — — 0,203 0,263 0,313	— — — — 0,229 0,279	— — — — 0,198 0,246	— — — — — 0,218

135. Выбор сечения мачты

Грузо- подъем- ность в т	Размеры сечения мачты в вершине (диаметр бревен) в см							
	Расчетная длина мачты в м							
	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>Однобревенчатые мачты</i>								
1	1×20	1×20	1×24	1×28	1×30	—	—	—
2	1×24	1×24	1×24	1×28	1×30	—	—	—
3	1×28	1×28	1×28	1×30	1×30	—	—	—
<i>Двубревенчатые мачты</i>								
3	—	—	2×24	2×28	—	—	—	—
4	2×24	2×24	2×26	2×28	2×30	—	—	—
5	2×26	2×26	2×26	2×28	2×30	—	—	—
6	2×28	2×28	2×28	2×30	2×30	—	—	—
<i>Трехбревенчатые мачты</i>								
1	—	—	—	—	3×24	3×24	3×26	3×28
2	—	—	—	—	3×24	3×24	3×26	3×28
3	—	—	—	—	3×24	3×24	3×26	3×28
4	—	—	—	—	3×24	3×24	3×26	3×28
5	—	—	—	—	3×26	3×26	3×26	3×28
6	—	—	—	—	3×28	3×28	3×28	3×28

Значения φ для различных высот и наиболее употребительных сечений мачт из труб приведены в табл. 134.

Для мачт из труб, имеющих сечение или высоту, отличные от указанных в табл. 134, значения φ надлежит брать из табл. 130 по величине гибкости мачты λ , определяемой по формуле

$$\lambda = \frac{L}{\rho},$$

где L — расчетная высота мачты в см; ρ — наименьший радиус инерции сечения мачты в см.

В табл. 135 приведены сечения деревянных мачт в зависимости от грузоподъемности и расчетной длины мачты.

При установке мачт снаружи, вне здания, необходимо учитывать силу давления ветра.

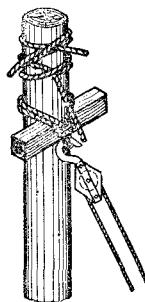
Техническая характеристика труб, применяемых для изготовления мачт без усиления и с усилением уголками, приведена в табл. 136.

Для укрепления тали к мачте и к тросу применяются узлы, указанные на фиг. 150.

Подъем и установка мачт. При наличии поблизости от устанавливаемой мачты достаточно высокого сооружения, таковое следует использовать для крепления к нему верхнего блока полиспаста и этим полиспастом производить подъем мачты.

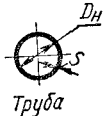
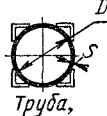
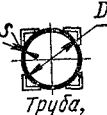
Возможность приложения нагрузок, возникающих при подъеме, должна быть согласована с проектной организацией.

При отсутствии близко расположенных высоких сооружений подъем мачты производится при помощи вспомогательной



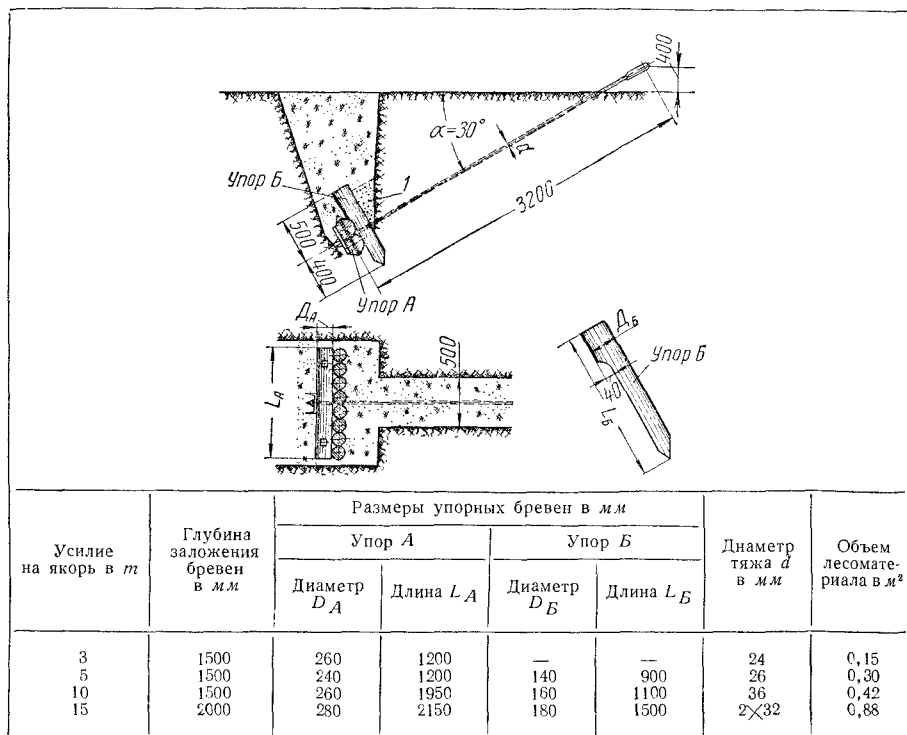
Фиг. 150. Крепление тали к мачте и тросу.

136. Расчетные данные для мачт из труб

Профиль сечения	Размеры сечения трубы $D_H \times S$ в мм	Площадь сечения F , в см ²	Момент инерции J_1 в см ⁴	Момент сопротивления W_1 в см ³	Радиус инерции ρ_1 в см	Вес 1 пог. м трубы в кг
 Труба	159×4,5 219×7 273×8 325×8 377×8 426×9	21,8 47,1 67,9 79,7 92,5 117,5	655 2 560 5 860 9 980 15 620 24 600	82,5 242 430 613 830 1175	5,5 7,5 9,3 11,2 13,0 14,5	17,15 36,6 59,28 62,54 72,80 92,55
 Труба, усиленная уголками 75×75×8	159×4,5 219×7 78×8 325×8 377×8 426×9	67,8 93,1 113,9 125,4 138,5 163,5	2 960 6 430 11 572 17 980 26 100 37 800	242 418 637 843 1050 1430	6,6 8,4 10,1 12,0 13,7 15,2	53,27 73,2 89,6 98,66 108,72 128,90
 Труба, усиленная уголками 100×100×10	159×4,5 219×7 273×8 325×8 377×8 426×9	98,6 123,9 144,7 156,5 169,3 194,3	4 324 9 186 15 380 23 656 33 380 46 960	343 557 880 1050 1350 1720	6,6 8,6 10,3 12,3 14,0 15,5	77,55 96,5 114,0 122,94 138,00 153,18

Примечание. D_H — наружный диаметр; S — толщина стенки.

138. Типовая конструкция якорей



мов, лебедок и полиспастов. Якорями, способными воспринимать вырывающее усилие, могут быть уже существующие конструкции и сооружения; в этом случае прочность их должна быть проверена расчетом. Специальные якоря делаются деревянными или бетонными. Деревянные якоря для крепления вант бывают свайными и горизонтальными.

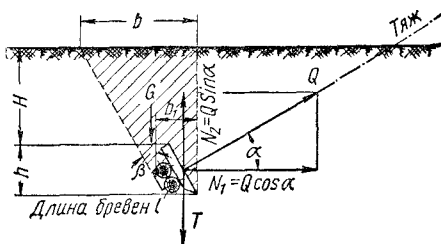
Размеры свай и глубина их забивки для свайных якорей в зависимости от усилий приведены в табл. 137.

Для восприятия значительных усилий применяются деревянные якоря в виде горизонтального бревна, зарытого в землю. Якоря такого типа изготавливаются на усилие 3—15 т (табл. 138).

Расчет якорей. Для вертикальных сил, действующих на якорь, должно соблюдаться условие (фиг. 152)

$$(G + T) \geq kN_2,$$

где G — вес грунта, сопротивляющегося вырыванию якоря;



Фиг. 152. Расчетная схема якоря.

$$G = \frac{b + b_1}{2} H \gamma \text{ [м];}$$

γ — объемный вес утрамбованного грунта в т/м^3 ; величину γ можно принимать равной $1,6 \text{ т/м}^3$; размер b принимается из расчета величины угла откоса задней стены котлована не более 30° ; T — сила трения якоря о грунт при вырывании;

$$T = fN_1,$$

f — коэффициент трения дерева по грунту, принимаемый равным 0,5; k — коэффициент запаса, принимаемый ≥ 3 (для вертикальных сил).

Для горизонтальных сил должно быть соблюдено условие

$$N_1 \leq h l \sigma \eta \text{ [кг]},$$

где σ — допускаемое давление на грунт в кг/см^2 , принимаемое по табл. 139; $\eta = 0,25$ — коэффициент уменьшения допускаемого давления на грунт вследствие неравномерного смятия.

Расчалки (ванты) изготавливаются из стальных тросов спиральной конструкции или из тросов 6×19 по ГОСТ 3070-55.

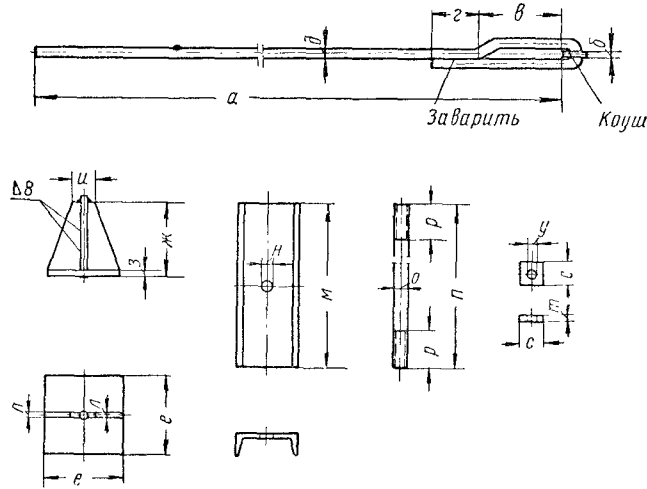
Ванты-расчалки должны быть в процессе работы всегда натянуты.

Натяжка вантов производится с помощью винтовых двусторонних стяжек (талрепов) (табл. 141).

139. Допускаемое давление на грунт на глубине 2 м

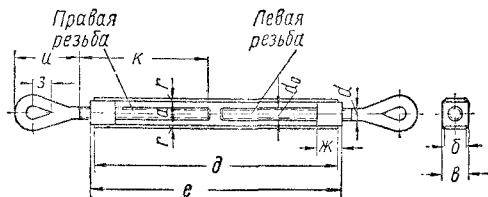
Вид грунта	Допускаемое давление на грунт σ в кг/см^2
Песок мелкий сухой плотный	3,5
Песок мелкий влажный плотный	3,0
Супесок сухой средней плотности	2,0
Супесок влажный средней плотности	1,5
Глина в твердом состоянии	6,0—2,5
Глина в пластичном состоянии	2,5—1,0
Суглинок в твердом состоянии	4,0—2,5
Суглинок в пластичном состоянии	2,5—1,0

140. Размеры в мм металлических деталей якорей



Усилие на якорь в т	Тяж					Головка					Швеллер				Болт			Шайба		
	a	б	в	г	д	e	ж	з	и	л	№ швеллера	м	н	о	п	р	резьба	с	т	у
3	3590	30	100	100	24	100	100	8	54	8	16	400	26	20	520	40	M20	60	8	22
5	3430	35	100	100	26	100	100	8	56	8	16	400	28	20	520	40	M20	60	8	22
10	3600	35	100	100	36	100	100	8	66	8	30а	400	38	20	520	40	M20	60	8	22
15	4740	—	—	—	32	100	100	8	66	8	30а	480	34	20	560	40	M20	60	8	22

141. Размеры талрепов в мм



Грузоподъем- ность в т	а	б	в	г	д	е	ж	з	и	к	л	м	н	о	Вес в кг
1	30	20	40	4	400	410	55	30	90	200	8	16	M16	2,5	
1,5	40	25	45	6	450	475	60	30	120	230	8	20	M20	4	
2	40	30	50	8	500	520	70	36	140	260	10	24	M24	6	
3	50	40	60	10	620	640	80	45	180	325	12	27	M27	9	
5	65	60	80	12	660	685	90	54	210	350	15	36	M36	30	
8	75	80	100	14	800	830	100	73	255	425	20	42	M42	52	
10	90	100	120	16	940	970	120	92	300	500	25	48	M48	68	
15	110	120	140	18	1050	1080	140	110	350	540	30	56	M56	85	

Легкие передвижные краны, автопогрузчики и ручные тележки

При разборке и сборке оборудования во многих случаях оказывается целесообразным применение легких передвижных кранов и вилочных погрузчиков.

На фиг. 153 изображен ручной передвижной кран подъемной силой 500 кг.

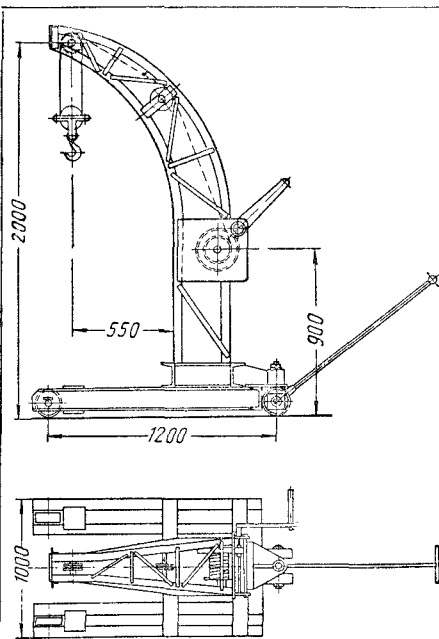
Расположение катков (передние два катка спарены и установлены на общем поворотном шкворне) допускает осуществление весьма крутых поворотов в плане со сравнительно малым радиусом разворота, что обеспечивает ему большую проходимость внутри пеха между оборудованием.

Значительное распространение при выполнении ремонтных работ получили вилочные погрузчики и погрузчики с подъемной платформой, снабженные самостоятельными двигателями (фиг. 154—155).

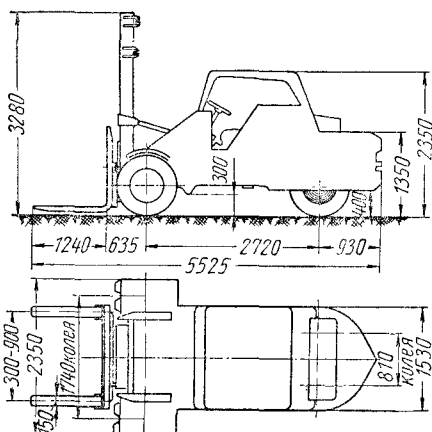
На фиг. 156 и 157 приведены конструкции ручных тележек с подъемными платформами, применяющихся при разборке и сборке ремонтируемого оборудования и транспортировке его узлов.

142. Технические характеристики электропогрузчиков Калининградского завода

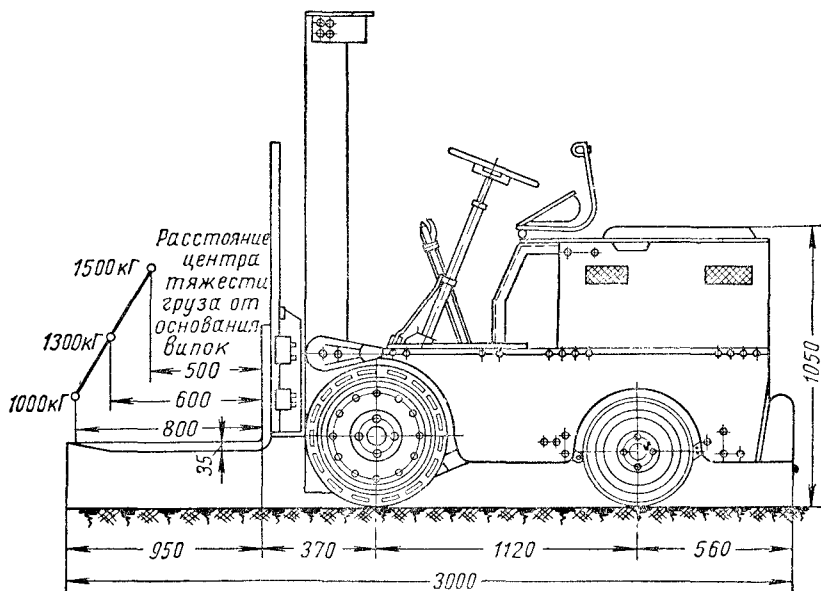
Основные параметры	Серия	
	0,2	0,4
Грузоподъемность в т . . .	1,5	1,5
Наибольшая высота подъема вилочного захвата в м . . .	2,75	1,5
Наибольшая скорость движения в км/час:		
без груза	7,5	7,5
с грузом 1,5 т	6,5	6,5
Наибольшая скорость подъема вилочного захвата в м/мин:		
без груза	8,5	8,5
с грузом 1 т	5,5	5,5
1,5 т	4,25	4,25
Давление погрузчика на грунт с грузом 1,5 т в кг:		
на передние колеса . . .	3600	3475
на задние колеса	700	675
Угол наклона вертикальной части в град.:		
вперед	3	5
назад	10	10
Дорожный просвет в мм . .	60	60
Габаритные размеры в м:		
ширина	1,0	1,0
длина без захвата	2,0	2,0
" с захватом	3,0	3,0
Высота при спущенных захватах в м	2,1	1,48
Наибольшая высота при подъеме груза в м	4,0	2,75
Радиус поворота в м:		
внешний	2,1	2,1
внутренний	0,2	0,2



Фиг. 153. Ручной передвижной кран грузоподъемностью 500 кг.



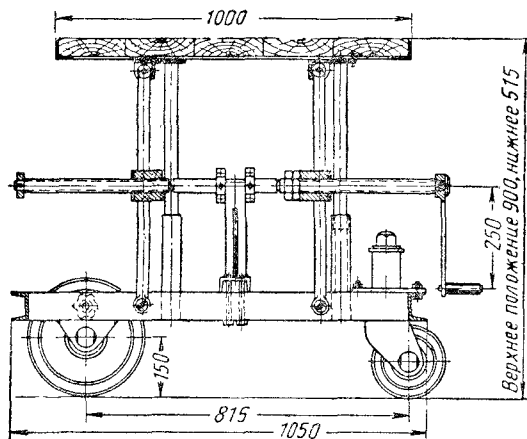
Фиг. 154. Автопогрузчик типа 4001 Львовского завода.



Фиг. 155. Автопогрузчик Калининградского завода.

143. Технические характеристики автопогрузчиков Львовского завода типа 4000М и 4001

Основные параметры	Модель		Основные параметры	Модель	
	4000М	4001		4000М	4001
Грузоподъемность в т:			Радиус поворота в м . .	3,2	4,0
на вилках	3,0	5,0	База в м	1,75	2,75
на крюке блочной стрелы	1,0	2,5	Колея колес в м:		
на крюке безблочной стрелы	3,0	5,0	передних	1,65	1,74
Емкость ковша в м ³ . .	1,0	1,5	задних	4,415	0,81
Высота подъема в м:			Размер колеса в дюймах	34×7	9,00—20
вилок и ковша	4,0	4,0	Двигатель бензиновый	ГАЗ-51	ГАЗ-51
блочной стрелы	9,0	9,0	Мощность двигателя		
безблочной стрелы . .	5,2	5,3	в л. с.	70	70
Скорость подъема груза в м/мин:			Нагрузка на мост в т:		
вилками, ковшами и крюком безблочной стрелы	8,5	8,5	передний	2,3	3,445
крюком блочной стрелы	17,0	17,0	задний	2,965	3,805
Скорость передвижения в км/час	5,0—32,0	9,0—35,0	Габаритные размеры в м:		
Угол наклона рамы в град.:			длина с вилками . . .	4,575	5,525
вперед	5	4	ширина	2,24	2,35
назад	14	12	высота наименьшая . .	3,2	3,28
			Вес автопогрузчика с вилками в т	5,265	7,24
			База в м	1,12	1,12
			Колея колес в м:		
			передних	0,815	0,815
			задних	0,81	0,81
			Вес погрузчика в рабочем состоянии без груза в т .	2,8	2,65



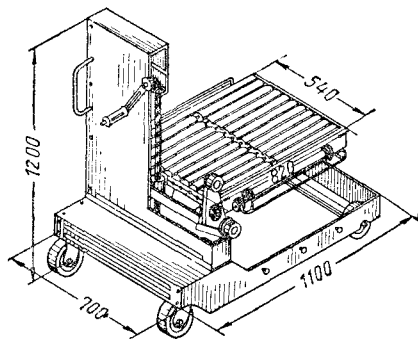
Фиг. 156. Ручная тележка с подъемным столом.

Ручные и электрические мостовые краны

При выполнении ремонта оборудования в цехах пользуются имеющимися в цехе кранами. Наиболее распространены на машиностроительных заводах мостовые краны.

Мостовые краны используются как для разборки, так и для сборки ремонтируемого оборудования. Мостовыми кранами должны быть оснащены, как правило,

ремонтно-механические цехи и, в частности, слесарно-сборочные площадки ремонтных цехов.



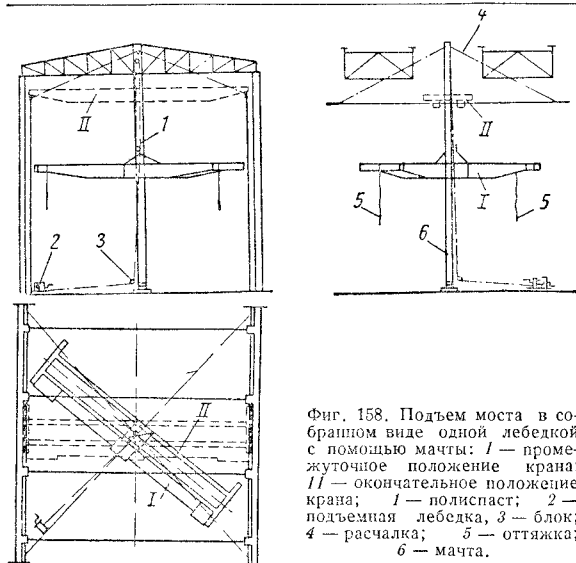
Фиг. 157. Ручная тележка с роликовым подъемным столом.

В табл. 144 приведены характеристики ручных мостовых кранов, а в табл. 145 и 146 — электрических мостовых кранов.

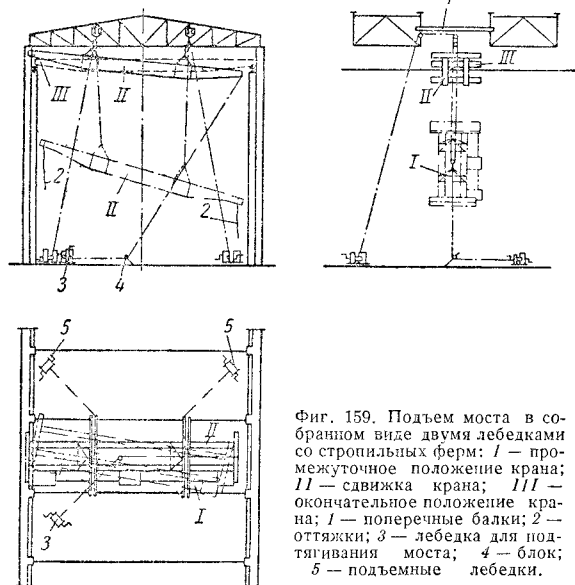
Подъем мостовых кранов

Подъем мостовых кранов при их монтаже в цехах производится с помощью мачт или стропильных ферм.

На фиг. 158 изображен подъем фермы моста в собранном виде при помощи одной лебедки, на фиг. 159 — двумя и более лебедками. Наиболее простым и рацио-



Фиг. 158. Подъем моста в собранном виде одной лебедкой с помощью мачты: I — промежуточное положение крана; II — окончательное положение крана; 1 — полиспаст; 2 — подъемная лебедка; 3 — блок; 4 — расчалка; 5 — оттяжка; 6 — мачта.



Фиг. 159. Подъем моста в собранном виде двумя лебедками со стропильных ферм: I — промежуточное положение крана; II — сдвигка крана; III — окончательное положение крана; 1 — поперечные балки; 2 — оттяжки; 3 — лебедка для подтягивания моста; 4 — блок; 5 — подъемные лебедки.

нальным является первый способ, второй способ применяется при подъеме тяжелых кранов, когда наливные подъемные устройства и прочность мачт не позволяют применить первый способ. При подъеме моста мачта должна быть установлена между главными балками, немного ближе к более тяжелой половине моста, чтобы не было крена при подъеме.

При подъеме одной лебедкой застроповку производят в центре тяжести крана, что проверяется при подъеме моста на небольшую высоту.

Необходимое положение моста в плане достигается канатными оттяжками. После подъема моста выше уровня подкрановых путей производят разворот моста с помощью оттяжек.

При подъеме двумя или четырьмя лебедками мост поднимают в наклонном положении и затем постепенно разворачивают в плане с помощью оттяжек. После того как левый конец будет поднят над уровнем подкранового пути, мост несколько сдвигают особой лебедкой и подтягивают опущенный конец до горизонтального положения, затем опускают на подкрановые пути.

Подъем грузовой тележки производят теми же подъемными средствами после подъема моста.

Перемещение грузов по горизонтальной и наклонной плоскостям

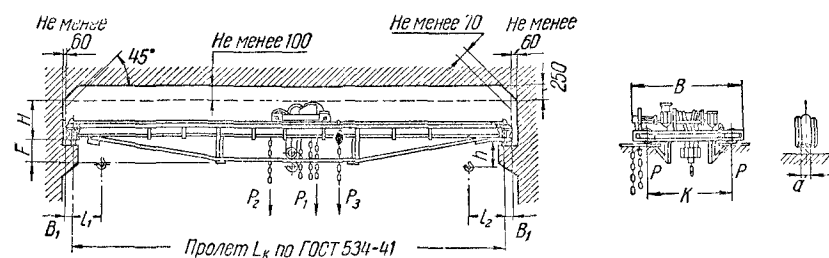
Перемещение оборудования по горизонтальным и наклонным плоскостям в монтажных условиях производится на вагонах и вагонетках широкой или узкой колеи, на катках, на санях или стальном листе лебедкой, трактором или автомашинной.

Перемещение грузов на стальном листе по горизонтальной плоскости часто применяется для перемещения тяжелосного оборудования, которое устанавливается в этом случае на стальные листы как с оковкой по краям из полосовой стали, так и без нее. Стальной лист с грузом перемещается по бетонной подготовке, полу цеха или просто по выровненному грунту. Сопротивление движению определяется по формуле

$$P = Q\mu [m],$$

где Q — вес груза в m ; μ — коэффициент трения скольжения стального листа по основанию.

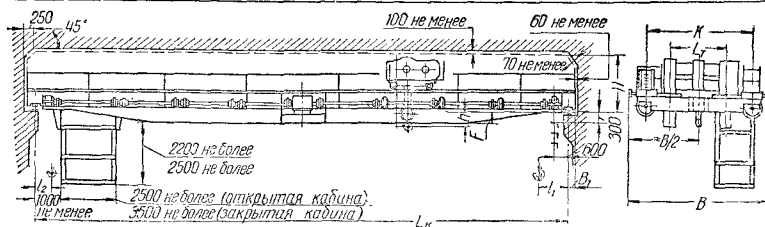
144. Краны мостовые ручные (ГОСТ 7075-54)



Краны двубалочные

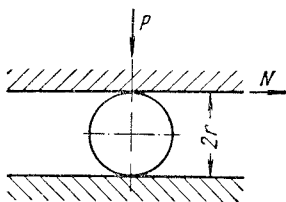
Тип крана	Грузоподъемность <i>з т</i>	Пролет крана <i>L_к</i> в м	Высота подъема в м	Тяговое усилие в кГ			Давление колеса на рельс <i>P</i> в т не бо- лее	Основные размеры крана в мм							Положение крюка						Вес крана в т не бо- лее																
				<i>P₁</i>	передвижения			Ширина рельса <i>a</i>	Ширина крана <i>B</i> не более	База крана <i>K</i>	Колея тележки <i>L_T</i>	<i>H</i> не более	<i>B₁</i> не более	<i>F</i> не более	Кошка или тележка с цепной звездочкой			Тележка с капатным барабаном																			
					тележки <i>P₂</i>	крана <i>P₃</i>									<i>h</i>	<i>l₁</i>	<i>l₂</i>	<i>h</i>	<i>l₁</i>	<i>l₂</i>																	
																						в мм не более															
А	1	5	12	35	15	20	0,8	40	1900	1200	—	500	125	—100	450	500	500	—	—	—	0,9																
		8					2300		1600	150			—150	400	1,1																						
		11													1,5																						
		14													1,8																						
	3	5	12	65	18	30	1,8	50	1900		1200	—			500	160	—175	650	550	550	—	—	—	1,1													
		8					1,9		550	1,3																											
		11					2,1		2300	1600	650		1,9																								
	5	5	12	75	25	35	2,8	50	2300	1600	—	550	180	—150	950	550	550	—	—	—	1,3																
		8					3,0							—175	900						1,6																
		11					3,2		600	800		150	450	750	—						—	—	2,1														
		14					3,8																3000	2100	1000	170	4,1										
	Б	17	4,0	3000	2100	1000	170	800	150	450	750					—	—	—	5,0																		
5,3		50	2450					1800	—	600	180								—200	1300			700	700	2,0												
8	5,7			3000	2100	1200	1200					200	650	450	550	950	—	—			—	2,5															
11	6,0		850					5,1																													
Б	10		14					10		75	20		30						6,7	60		4500	3500	1800	1400	—	500	—	—	—	500	1200	1400	6,1			
		7,0	800						9,2																												
		8	10	40	25	30	8,8		60			4500		3500	1800	1400	—	—100	—		—						—							500	1200	1400	7,2
		11					9,4											400																			7,0
	14	10,0					500	8,4																													
	17	10,4					600	9,2																													
	20	10,5	10	50	30	35	11,8	60	4500	3500	1800	1400	—	400	—	—	—	550	1200	1400	8,7																
		12,4					650							8,7																							
		16,5					850							9,9																							

146. Краны мостовые электрические с одним крюком для среднего режима работы (ГОСТ 3332-54)



Грузоподъемность в т	Пролеты L_K в м	Высота подъема в м	Скорость в м/мин			Основные габаритные размеры в мм не более				Размеры в мм, определяющие положение крюка, не более			Тип и размер в мм подкранового рельса не менее		Давление колеса на рельс подкранового пути P в т не более	Колея тележки L_T в мм	Вес в т не более		Пролеты L_K в м
			подъема	передвижения															
				тележки	крана	Ширина крана B не более	База крана K	H	B_1	F	h	l_1	l_2	специального	железнодорожного				
5	11	16	10	40	80	5000	3500	1650	230	250	50	1100	800	КР70 (ГОСТ 4121-52)	7,0	1400	2,2	13,6	11
	250									15,4					14				
	250									18,1					17				
	350									20,8					20				
	450									25,0					23				
10	26	16	8	40	80	6300	4400	1900	260	550	500	1200	1100	Р-38 (ГОСТ 3542-47)	10,1	2000	4,0	28,0	26
	650									31,2					29				
	750									38,3					32				
	250									17,5					11				
	250									19,5					14				
	300									21,0					17				
	300									24,0					20				
	600									27,0					23				
	600									30,0					26				
	900									34,8					29				
15	32	16	8	40	80	6300	4400	2300	260	900	600	1300	1100	Р-43 (ГОСТ 1173-54)	18,0	2000	5,3	40,0	32
	250									20,0					11				
	250									22,0					14				
	250									25,0					17				
	250									28,0					20				
	450									31,0					23				
	450									34,0					26				
	750									41,0					29				
	750									46,0					32				

Значения коэффициента μ принимаются следующими: стальной лист по земле 0,42, стальной лист по снегу 0,1, стальной лист по бетону 0,38, стальной лист по асфальту 0,35, стальной лист по дереву 0,45.



Фиг. 160. Перемещение груза на катках.

Сопротивление движению при перемещении грузов на катках зависит от диаметра катков, материала катков и опорных поверхностей. Оно (фиг. 160) равняется

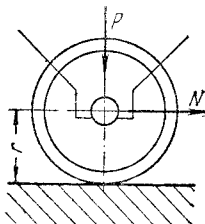
$$P = \frac{Q(f' + f'')}{2r},$$

где f' — коэффициент трения качения катка по опорной поверхности; f'' — коэффициент трения качения между катком и верхней опорной поверхностью; $2r$ — диаметр катка в см.

Значения f' и f'' принимаются следующими: сталь по дереву 0,13, сталь по стали 0,06, сталь по бетону 0,15, сталь по грунту 0,22.

В качестве катков применяются отрезки стальных труб обычно диаметром 108 мм.

Сопротивление перемещению грузов на колесах складывается из сопротивления в оси колеса, зависящего от конструк-



Фиг. 161. Перемещение груза на колесах с осями.

ции подшипника и от трения качения катка (колеса) по опорной поверхности (фиг. 161),

$$P = Q \left(\frac{d}{D} f + \frac{2f'}{D} \right) [m],$$

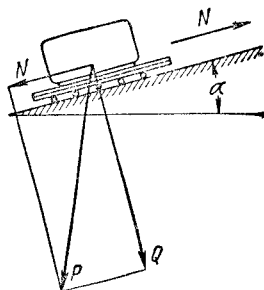
где d — диаметр оси катка в опоре в см; D — диаметр катка (колеса) в см; f — коэф-

фициент сопротивления вращения в опоре катка.

Значение коэффициента f' сопротивления вращения в подшипнике скользящего трения: бронза по стали 0,1, баббит по стали 0,08, чугун по стали 0,12, шарико- и роликоподшипники 0,035—0,05.

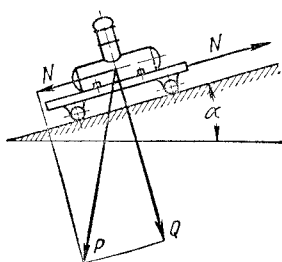
Указанные значения коэффициентов относятся к состоянию движения, при трогании с места тяговое усилие может оказываться большим на 25—50%.

Перемещение грузов по наклонной плоскости (фиг. 162). В этом случае тяговое усилие должно будет преодолевать слагающую от силы веса вследствие наличия



Фиг. 162. Перемещение груза на катках по наклонной плоскости.

угла наклона α — $Q \sin \alpha$ и сопротивления движению от слагающей веса $Q \cos \alpha$.



Фиг. 163. Перемещение груза на колесах с осями по наклонной плоскости.

Формулы сопротивления движению соответственно будут:

а) перемещение груза на стальном листе

$$P = Q [\mu \cos \alpha + \sin \alpha] m;$$

б) перемещение груза на свободных катках

$$P = Q \left(\sin \alpha + \frac{f' + f''}{2r} \cos \alpha \right) m;$$

в) перемещение груза на катках с осями (фиг. 163)

$$P = Q \left[\sin \alpha + \left(\frac{d}{D} f + \frac{2f'}{D} \right) \cos \alpha \right] m.$$

Характер сопротивления движению при перемещении груза на саях остается одинаковым с перемещением груза на стальном листе (трение — скольжение).

Перемещение грузов на вагонетках и

вагонах аналогично движению грузов на катках с осями.

В отдельных случаях вместо тракторной или другой тяги приходится использовать тяговое усилие грузоподъемных машин-механизмов (таль, лебедка, кран). В этом случае следует либо передавать это усилие через блок, установленный в направлении движения (отводной блок, см. фиг. 145), либо обеспечивать весьма малое отклонение от вертикали подъемных канатов (не свыше 3°).

ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ

Слесарно-монтажный инструмент

1. Государственные стандарты.
2. Борисов Ю. С. и Тихомиров Г. Е., Техника безопасности при ремонте и монтаже оборудования, Машгиз, 1951.

Балансировка вращающихся деталей и узлов

1. Васильев В. С. и Еникеев Х. М., Станки для динамической балансировки, „Станки и инструмент“ № 7, 1953.
2. Васильев В. С., Балансировка деталей, „Станки и инструмент“, № 9, 1953.
3. Колесник Н. В., Статическая и динамическая балансировка, Машгиз, 1954.

Механизированный инструмент

1. Борисов Ю. С. и Тихомиров Г. Е., Техника безопасности при ремонте и монтаже оборудования, Машгиз, 1951.
2. Судакович Д. И., Вернадский Г. И., Справочник по механизированному ручному инструменту, Машгиз, 1954.
3. Машины и оборудование для механизации строительных работ, Машгиз, 1956.

Сборочные работы

1. Бейзельман Р. Д. и Цыпкин Б. В., Подшипники качения, Машгиз, 1954.

Трубопроводные работы

1. Справочник по монтажу тепломеханического оборудования, Госэнергоиздат, 1953.
2. Справочник теплотехника предприятий черной металлургии, Госметаллургияиздат, 1954.

3. Справочник механика химического завода, Госхимиздат, 1950.

4. Инструкция по ремонту трубопроводов среднего и высокого давления, МЭС СССР, Госэнергоиздат, 1954.

Такелажные работы при ремонте оборудования

1. Гринбойм М. Я. и др., Справочник по котлонадзору, Госэнергоиздат, 1954.
2. Справочник строительного оборудования для гидроэнергетического строительства, Госэнергоиздат, 1954.
3. Кифер Л. Г. и Абрамович И. И., Грузоподъемные машины, ч. 1, Машгиз, 1956.
4. Токарев К. К., Демат М. П., Такелажные работы при монтаже оборудования промышленных предприятий, Гостройиздат, 1955.
5. Справочник механика химического завода, Госхимиздат, 1950.
6. Ушаков П. Н., Техника безопасности при работе на подъемных механизмах, Профиздат, 1954.
7. Зеличенко Г. Г., Монтаж и эксплуатация подъемно-транспортных машин предприятий строительной индустрии, Гостройиздат, 1952.
8. Масленников П. П., Такелажное оборудование, Машгиз, 1949.
9. Справочник по монтажу тепломеханического оборудования, Госэнергоиздат, 1953.
10. Справочник монтажника стальных конструкций, Гостройиздат, 1948.
11. Барсов И. П. и др., Грузозахватные устройства для строительно-монтажных работ, Гостройиздат, 1957.
12. Борисов Ю. С. и Тихомиров Г. Е., Техника безопасности при ремонте и монтаже оборудования, Машгиз, 1951.

ОТДЕЛОЧНЫЕ РАБОТЫ ПРИ РЕМОНТЕ ОБОРУДОВАНИЯ

Красивый внешний вид побуждает к бережному обращению с машиной и способствует повышению производительности труда работающих на ней рабочих.

Внешний вид машины в большой степени зависит от качества отделки наружных поверхностей.

Отделка обработанных наружных металлических поверхностей, с помощью которой им может быть придан красивый вид, производится различными способами механической, химической, электрохимической, химико-термической декоративной обработки. Необработанные поверхности подвергаются для этого окрашиванию.

Большинство из существующих способов отделки обработанных и необработанных металлических поверхностей наряду с улучшением их вида одновременно обеспечивает и защиту от коррозии.

К числу применяющихся в ремонтном деле способов отделки обработанных металлических поверхностей относятся декоративное шабрение, декоративное шлифование, полирование, декоративные гальванические покрытия (хромирование, никелирование и др.), оксидирование и некоторые другие.

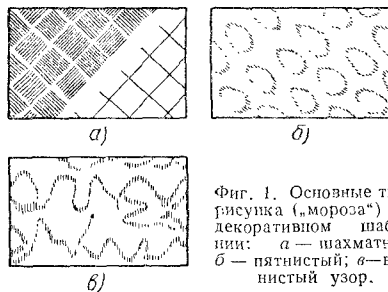
ДЕКОРАТИВНОЕ ШАБРЕНИЕ

Декоративное шабрение (наведение «мороза») заключается в нанесении на обработанную металлическую поверхность при помощи шабера определенным образом ориентированных или в определенном порядке расположенных штрихов, образующих на шабруемой поверхности тот или иной рисунок (фиг. 1).

В отличие от обычного шабрения при декоративном шабрении, как правило, не пользуются поверочным плоскостным инструментом (плитами, линейками и т. п.) и окрашиванию шабруемых поверхностей прибегают не с целью выявления

выступающих участков поверхности, а лишь для того, чтобы лучше видеть следы (штрихи), оставляемые шабером, т. е. получающийся рисунок.

Декоративному шабрению могут подвергаться как нерабочие, так и рабочие наружные металлические поверхности машин (направляющие станков металлорежущих станков и т. п.). В первом случае нанесенный шабрением рисунок имеет чисто декоративное назначение, во втором наряду с этим он помогает следить за состоянием рабочих поверхностей, су-



Фиг. 1. Основные типы рисунка („мороза“) при декоративном шабрении: а — шахматный; б — пятнистый; в — волнистый узор.

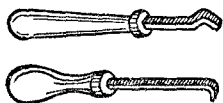
дить о характере и в известной степени о величине их износа — определять участки, на которых эти поверхности подверглись износу.

Декоративное шабрение рабочих поверхностей чаще всего производится при их исправлении как последняя завершающая операция после чистового шабрения («разбивки»). Однако в некоторых случаях шабровочный рисунок наносят на рабочие поверхности и не подвергавшиеся восстановлению, например при текущих ремонтах с целью придания машине более красивого вида.

Декоративное шабрение может производиться теми же плоскими шаберами, какие используются чаще всего при обычном шабрении плоских поверхностей,

но более удобно выполнять эту работу специальными изогнутыми шаберами (фиг. 2).

Рисунок шахматного типа (фиг. 1, а) выполняют в два приема. Сначала нано-



Фиг. 2. Изогнутые шаберы для декоративного шабрения.

сят в шахматном порядке штрихи, имеющие одно направление, затем в промежутках между ними штрихи с направлением, перпендикулярным к первому.

ДЕКОРАТИВНОЕ ШЛИФОВАНИЕ

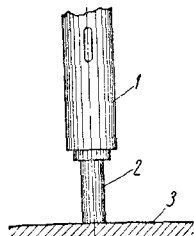
Декоративное шлифование заключается в нанесении рисунка на обработанную металлическую поверхность при помощи притиров или полировальников и шлифовальных материалов.

Декоративное шлифование производится чаще всего механическим путем на сверлильных станках. Это определяет более высокую производительность данного способа отделки по сравнению с ручным декоративным шабрением.

При выполнении декоративного шлифования на сверлильных станках полировальники выполняются в виде деревянных оправок (обычно из дерева мягких пород). Такой полировальник вставляется коническим хвостовиком в шпиндель стан-

шлифовальную пасту, натирает на обрабатываемой поверхности характерный след.

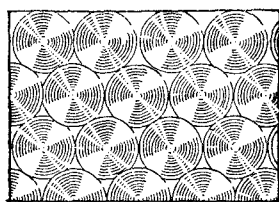
Выполнение декоративного шлифования на сверлильном станке определяет особый вид рисунка, получаемого на отделываемых этим способом поверхностях. Он состоит из круговых следов, которые в зависимости от величины шага перемещения обрабатываемой детали после каждого нажатия оправки могут быть полными (фиг. 4, а) или частично перекрытыми другими, соседними круговыми следами притирки (фиг. 4, б). Если



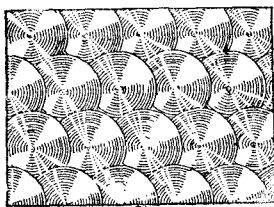
Фиг. 3. Нанесение узора декоративной шлифовкой на сверлильном станке: 1 — шпиндель сверлильного станка; 2 — деревянный притир; 3 — отделываемая поверхность.

обрабатываемую деталь установить под некоторым углом к столу станка, то след от вращающейся оправки будет иметь вид не полного круга, а части его. С помощью такого приема получают распространённый в практике декоративной отделки металлов рисунок — «рыбья чешуя» (фиг. 4, в). В зарубежной практике для декоративного шлифования применяются специальные круглые щетки.

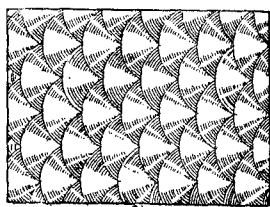
При декоративном шлифовании могут применяться те же материалы, которыми пользуются при притирке: абразивные порошки зернистостью 140—260 и притирочные пасты ГОИ. Хорошие результаты



а)



б)



в)

Фиг. 4. Основные виды рисунков, получаемых декоративным шлифованием.

ка. Обрабатываемая поверхность детали покрывается шлифовальной пастой.

Подавая вручную шпиндель станка, торцом вращающейся оправки нажимают на обрабатываемую поверхность (фиг. 3). При этом торец оправки, увлекая за собой

получаются, в частности, при применении притирочной пасты, состоящей из 60% наждачного порошка зернистостью 180—220, 30% авиамасла марок МС-3, МС или МК по ГОСТ 1013-49 и 10% парафина. Парафин добавляется для загущения

ласты с целью предупреждения ее стекания с обрабатываемой поверхности.

При помощи декоративного шлифования хорошо маскируются дефекты поверхности и обработанные сварочные швы.

ПОЛИРОВАНИЕ

Полирование представляет собой отделочную операцию, обеспечивающую получение высокой степени чистоты поверхности (до 12-го класса чистоты по ГОСТ 2789-51).

При ремонте оборудования полирование применяется для отделки обработанных поверхностей таких деталей, как маховички управления, всевозможные рукоятки, наружные поверхности указательных лимбов и нониусов металлорежущих станков, как окончательная операция, выполняющаяся с декоративной целью, а также как подготовительная операция перед декоративным хромированием и никелированием.

Для отделки плоских наружных поверхностей деталей оборудования полирование применяется значительно реже.

Механическое и химико-механическое полирование

Механическое полирование производят при помощи абразивных порошков (наждак, крокус и др.). Для грубого полирования пользуются абразивными порошками зернистостью 80—120, для окончательного полирования зернистостью 150—220 и для полирования, имеющего целью получение зеркальной поверхности, — зернистостью 300—450.

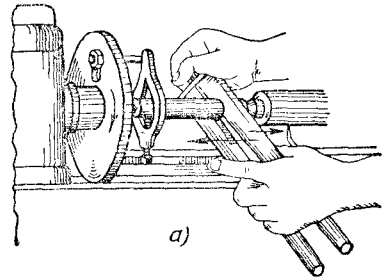
Абразивные порошки разводят для полирования обычно в бензине.

Хорошие результаты получают также при полировании окисью алюминия, разведенной в бензине.

Поверхности деталей, имеющих форму тел вращения, например таких как рукоятки, детали типа цилиндрических валков и т. п., часто полируют на токарных станках при помощи притиров. Притиры обычно изготавливают из материалов более мягких, чем материал обрабатываемой детали. Чаще всего применяется дерево, кожа, чугун, латунь и некоторые другие.

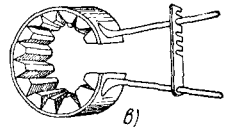
Зерна абразива вдавливаются в поверхность притира (шаржируют притир) и, удерживаясь вследствие этого на притире, снимают неровности с обрабатываемой поверхности.

Для ускорения процесса полирования притиры делают регулируемыми, обеспечивающими одновременное давление на всю обрабатываемую поверхность, например типа разрезных колец для полирования наружных цилиндрических поверхностей и в виде разжимных валиков (типа разжимных оправок) для полирова-



б)

Фиг. 5. Полирование цилиндрической поверхности на токарном станке при помощи жимков: а — положение жимков при полировании; б — деревянные жимки; в — металлические жимки.



в)

ния внутренних цилиндрических поверхностей.

К числу наиболее простых регулируемых притиров относятся жимки, имеющие широкое применение при полировке на токарных станках (фиг. 5).

Полирование на токарных станках может производиться также при помощи плоских, например чугунных, притиров (фиг. 6).

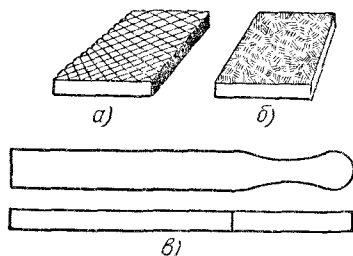
Скорости резания при полировании на токарных станках находятся в пределах 10—25 м/мин. При больших скоростях изделие нагревается и может подвергаться значительным деформациям. Для предупреждения этого при полировании нужно следить за температурой детали и не допускать чтобы она повышалась более 50—60° С.

Вторым способом механического полирования является полирование вращающимися мягкими полировальными кругами (фетровыми, войлочными, суконными,

кожаными, бязевыми и т. п.). При этом способе скорость полирования доходит до 20—50 м/сек.

Для полирования вращающимися мягкими кругами служат специальные полировальные станки.

Поверхности больших размеров полируют мягкими кругами при помощи



Фиг. 6. Плоские притиры: а и б — притиры в виде плит и брусков; в — притир в форме напильника.

ручных пневматических и электрических машинок.

При полировании, как и при притирке, поверхность подвергается не только механическому, но и химическому воздействию, ускоряющему процесс выглаживания поверхности. Химическое воздействие заключается в образовании на полируемой поверхности окислов, непрерывно снимающихся при полировании частицами абразива.

Для активизации химических процессов, происходящих при притирке и полировании, в состав полировочных и притирочных паст вводят олеиновую или стеариновую кислоты, окись хрома, окись железа.

К притирочно-полировочным материалам, обеспечивающим химико-механическое воздействие на обрабатываемую поверхность, относятся, как указывалось выше, на стр. 444, пасты ГОИ. Тонкая паста ГОИ является одним из лучших материалов для окончательных отделочных операций. Полированием тонкой пастой ГОИ поверхности можно придать зеркальный блеск.

К числу выпускающихся промышленностью притирочно-полировочных паст, кроме пасты ГОИ, относятся полировочная паста ЛИК (ВТУ ММП РСФСР-47) и хромоалюминиевая паста (ВТУ ММП РСФСР-48).

Полировочная паста ЛИК состоит из окиси алюминия, связующих и поверх-

ностно активных компонентов. В качестве двух последних в состав пасты вводят парафин или стеарин, олеиновую кислоту, минеральные масла и керосин.

Паста ЛИК служит для доводки, полирования и декоративной отделки металлов, стекла и твердых минералов.

Паста выпускается в тубиках двух сортов: тонкая и средняя. Состав пасты каждого из этих сортов и их обрабатываемая способность приведены в табл. 1.

1. Состав и свойства полировочной пасты ЛИК

Параметры	Сорта пасты	
	Тонкая	Средняя
Состав пасты в %:		
кристаллическая окись алюминия	50	55
связующие вещества	40	37
олеиновая кислота	7	5
керосин	3	3
Полирующая и шлифующая способность в мк	2—7	10—15
Вид поверхности после обработки пастой	Зеркальная	Полужеркальная

В состав хромоалюминиевой пасты входит окись хрома и окись алюминия, подвергнутые совместной термообработке, связующие и поверхностно активные вещества.

Эта паста применяется для шлифования, доводки, притирки и полирования изделий из черных и цветных металлов, стекла, минералов и пластмасс.

Паста выпускается в тубиках трех сортов: тонкая, средняя и грубая (табл. 2).

Сравнительно новым способом механического полирования является *полирование абразивными ремнями*. Абразивные ремни представляют собой изготовленные из ткани, бумаги и реже из кожи бесконечные ленты, на поверхность которых наклеены абразивные зерна. Абразивный ремень движется посредством двух шкивов, один из которых является ведущим.

Отделка поверхностей при помощи движущегося ремня применялась давно, но главным образом при обработке дерева. В настоящее время абразивные ремни получают применение для шлифования, доводки и полирования металлов (стали, чугуна, латуни, меди, алюминия).

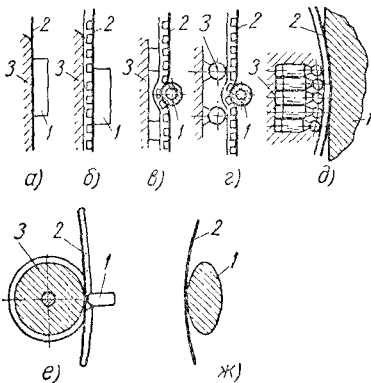
Основным преимуществом способа шлифования и полирования абразивными ремнями является высокая производитель-

2. Состав и свойства хромоалюминиевой шлифовальнополировочной пасты

Параметры	Сорта пасты		
	Тонкая	Средняя	Грубая
Состав пасты в %:			
окись хрома	32,5	35,0	37,5
" алюминия	32,5	35,0	37,5
связующие вещества	30	25	20
олеиновая кислота	2	2	2
керосин	2	2	2
двууглекислая сода	1	1	1
Полирующая и шлифовальная способность в мк	1—7	8—17	18—40
Вид поверхности после обработки пастой	Зеркальная	Полузеркальная	Матовая, без отдельных резких царапин

ность, хорошее качество обработки и возможность обработки сложных профилей.

Основные схемы шлифования и полирования абразивными ремнями приведены на фиг. 7. Они отличаются друг от друга



Фиг. 7. Основные схемы шлифования и полирования абразивными ремнями: 1 — обрабатываемая деталь; 2 — абразивный ремень; 3 — опора ремня.

характером и конструкцией опор, поддерживающих абразивный ремень в зоне обработки.

Опорные плиты (фиг. 7, а) применяют обычно при обработке плоскостей. Наличие опорной плиты позволяет избежать завалки кромок изделия. Шлифование

и полирование с помощью опорной плиты производятся обычно с охлаждением.

Детали со слегка искривленным профилем обрабатывают с применением плоских плит, покрытых слоем упругого материала, например войлока или губчатой резины, поверх которых накладывается слой прографиченного асбеста, водонепроницаемой ткани или кожи.

Полирование может производиться без охлаждения, если абразивный ремень покрыть парафином.

Вместо упругой подушки опорной плиты может применяться бесконечная резиновая лента, которая движется вместе с абразивным ремнем. Обычно такие ленты снабжают поперечными желобками (фиг. 7, б). Движущиеся резиновые ленты лучше охлаждаются и меньше изнашиваются, чем упругая подушка.

При обработке плоских деталей резиновая лента опирается на плоскую плиту, при обработке же цилиндрических деталей применяют плиты с выемкой, расположенной поперек ленты, или плиты с двумя планками (фиг. 7, в) или двумя роликами (фиг. 7, г), применение которых значительно снижает трение ленты об опору.

Опоры, состоящие из нескольких роликов небольшого диаметра, которые прижимаются к движущейся резиновой ленте, поддерживающей абразивный ремень, пневматическими плунжерами (фиг. 7, д), применяются главным образом при обработке крупных деталей с вогнутыми поверхностями.

Упругие контактные диски (фиг. 7, е) применяются в основном при обработке деталей с несложным вогнутым или выпуклым профилем. Для обработки плоских поверхностей этот способ менее пригоден.

Контактные диски изготавливают из резины, пробки, кожи, войлока и тканей.

Поскольку площадь соприкосновения обрабатываемой поверхности с ремнем при применении контактных дисков невелика, обработка может вестись с большими скоростями резания без охлаждения.

При шлифовании с охлаждением контактные диски делают из резины или покрытыми слоем резины.

Обработка без промежуточных опор абразивного ремня (фиг. 7, ж) применяется чаще всего при сложных криволинейных профилях, которые не могут быть обработаны ни одним из приведенных выше способов.

Абразивные ремни чаще всего изготавливают из хлопчатобумажной ткани. В качестве связующего материала для

абразива применяют животный клей или пластмассу. В качестве абразива для шлифования стали применяют корунд, для шлифования чугуна и цветных металлов за исключением бронзы—карбид кремния (карборунд). Корунд может применяться также для черного и получистого шлифования цветных металлов при работе с контактным диском.

Соединение концов абразивных ремней производится внахлестку со скошенными концами. При этом должна быть выдержана одинаковая толщина ремня по всему стыку во избежание неравномерного съема материала.

Шлифование и полирование абразивными ремнями могут производиться без охлаждения, с охлаждением жидкостью и со смазкой ремня жиром.

При обработке без охлаждения сухим ремнем выделяется много пыли и тепла. В случае обработки с опорной плитой последняя при этом сильно изнашивается. Деталь при обработке без охлаждения может в результате сильного нагревания коробиться, а на ее поверхности появляются цвета побежалости. Поэтому шлифование абразивными ремнями черных и цветных металлов обычно ведут с охлаждением.

3. Абразивы и режимы, применяющиеся при обработке абразивными ремнями

Материал детали	Форма обрабатываемой поверхности	Тип опоры	Абразив (вид и зернистость)	Скорость ремня в м/сек	Давление на деталь	Охлаждение и смазка
Сталь	Плоская или слабо профилированная	Плита	Корунд 180	13—13	Высокое: при работе новым ремнем $0,56 \text{ кг/см}^2$, при работе старым ремнем $1,76 \text{ кг/см}^2$	Тальк или жир
	Цилиндрическая или профилированная	Диск	Корунд 180—240	35—38		
Чугун	Плоская или слабо профилированная	Плита	Карборунд 60—80	13—1	То же	Вода с антикоррозионной добавкой
	Цилиндрическая или профилированная	Диск	Карборунд 60—80	33		
Медь	Плоская или слабо профилированная	Плита	Карборунд 120—180	13	Очень низкое	Масляная эмульсия от 1 : 40 до 1 : 80
	Цилиндрическая или профилированная	Диск	Карборунд 100—240	35—38		
Латунь	Плоская или слабо профилированная	Плита	Карборунд 120—180	23—25	Низкое	—
	Цилиндрическая или профилированная	Диск	Карборунд 100—240	35—38		
Алюминий	Плоская или слабо профилированная	Плита	Карборунд 100—240	23—25	—	Эмульсия 1 : 40
	Цилиндрическая или профилированная	Диск	Карборунд 100—240	35—38	Низкое	Масло или эмульсия 1 : 40

Примечание. Материал ремня — ткань.

Выбор охлаждающих веществ в первую очередь зависит от типа связки абразивного слоя ремня. Для ремней с клеевой связкой применяются только жидкости, не содержащие воды (керосин, масла и пр.). Охлаждающие жидкости, в состав которых входит вода, оказывают более сильное охлаждающее действие.

Смазка абразивных ремней жирами применяется главным образом при чистовом шлифовании с контактным диском, но может применяться и при шлифовании с опорной плитой.

Смазкой абразивных ремней жирами достигаются две цели:

- 1) предупреждение заполнения пор между зернами абразива частицами металла (предупреждение засаливания ремня);
- 2) предохранение зерен абразива от быстрого затупления.

Для смазки ремней обычно применяют жиры с температурой плавления 35—40° С.

Если основной задачей является получение высокого качества обработанной поверхности, для смазки ремня используют тяжелые вязкие жиры, в тех же случаях, когда наиболее важным является высокая производительность, применяют легкие жиры. При необходимости одним ремнем и шлифовать и полировать детали, одну половину ремня по его ширине смазывают легкими жирами, а другую — тяжелыми.

При работе со смазкой ремни периодически протирают керосином.

Режимы обработки абразивными ремнями деталей из разных материалов и применяемые абразивы приведены в табл. 3.

В условиях мелкосерийного производства и в ремонтном деле для шлифования и полирования деталей абразивными ремнями могут применяться станки с ручной подачей.

Наиболее универсальный тип станка для полирования абразивным ремнем с ручной подачей имеет следующее устройство.

Горизонтальный вал станка приводится во вращение электродвигателем мощностью 0,8 кВт, установленным внутри литой чугунной станины. Электродвигатель двухскоростной, с числом оборотов 1400—2800 в минуту. На обоих концах вала помещаются ведущие шкивы, приводящие в движение абразивные ремни, облицованные резиной. Натяжение абразивных ремней происходит под действием грузов. Один ремень (вертикальный) служит для

обработки без промежуточной опоры шлифовального ремня, второй поддерживается плоской плитой.

Для шлифования и полирования крупных деталей иногда применяют переносные приборы, используя для привода их пневматические шлифовальные машины.

Гидрополирование

При гидрополировании обработка производится струей рабочей жидкости, состоящей из абразивных зерен, воды и антикоррозионных и поверхностно активных добавок. Рабочая жидкость подается на обрабатываемую поверхность под давлением через форсунку, дающую направленную струю.

Сглаживание микронеровностей происходит при гидрообработке в результате ударов абразивных зерен об обрабатываемую поверхность и последующего качения по ней.

Производительность процесса и качество обработки регулируются изменением количества и зернистости абразива, давления рабочей жидкости и угла наклона форсунки к обрабатываемой поверхности.

Гидрополирование может применяться для обработки деталей любой формы.

Применяющиеся в практике установки для гидрополирования отличаются друг от друга прежде всего способом подачи рабочей жидкости в форсунку. Существуют три основных системы подачи рабочей жидкости в форсунку: самотеком, засасыванием сжатым воздухом и под давлением сжатого воздуха или насосом (фиг. 8).

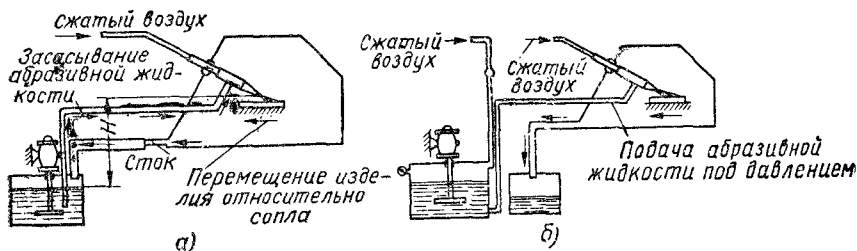
Технологический процесс гидрополирования состоит из следующих основных операций: составления рабочей смеси, подготовки изделий к гидрополированию и промывки и сушки изделий.

Наиболее универсальным составом рабочей жидкости является следующий (по весу): абразива 33%, соды Na_2CO_3 2,2%, нитрита натрия NaNO_2 0,4%, воды 64,4%.

Подготовка изделий состоит в очистке их от грязи, кислот и т. п.

Рабочая подача при гидрополировании мелких деталей обеспечивается их перемещением относительно струи рабочей жидкости. При обработке крупных деталей рабочая подача осуществляется перемещением форсунки.

После гидрополирования для удаления с обработанных поверхностей частиц абразива и металла изделия промываются в горячем водном растворе нитрита натрия (0,5—1,5%) или хромпика (0,2%).



Фиг. 8. Схемы установок для гидрополирования: а — с подачей рабочей жидкости засасыванием; б — с подачей рабочей жидкости давлением сжатого воздуха.

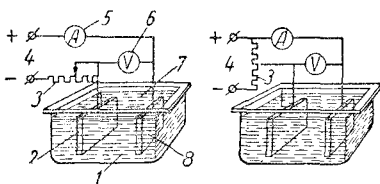
Электрохимическое полирование [1]

Основные сведения. В отличие от гальванических покрытий, в основе технологии которых лежит использование физико-химических явлений, возникающих при прохождении постоянного тока через проводящие его растворы (электролиты) на катоде, электрополирование основано на использовании физико-химических явлений, протекающих на аноде.

К числу этих явлений относится сглаживание в определенных условиях анодной поверхности и возникновение на ней повышенного металлического блеска.

Указанный процесс при его применении для окончательной отделочной обработки металлических деталей получил название электрохимического или электролитического полирования или сокращенно электрополирования.

Принципиальная схема электрополирования приведена на фиг. 9.



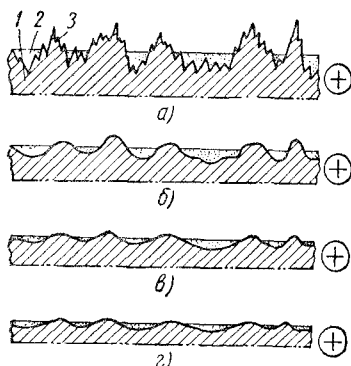
Фиг. 9. Принципиальная схема электрополирования: 1 — ванна; 2 — катод; 3 — реостат или делитель напряжения; 4 — источник тока; 5 и 6 — электроизмерительные приборы; 7 — электролит; 8 — анод.

Подлежащая полированию деталь помещается в ванну с электролитом специального состава и подключается в качестве анода к положительному полюсу источника тока. В качестве катода используются производящие ток пластины.

При прохождении через созданную таким образом электрическую цепь тока

определенной плотности происходит растворение поверхности детали, в результате которого первоначально шероховатая поверхность сглаживается и на ней появляется блеск, т. е. достигается внешне тот же эффект, что и при механическом и других видах полирования.

Единой теории, исчерпывающе объясняющей происходящие при электрополировании явления, пока еще нет. Одной из гипотез, достаточно хорошо подтверждающейся практикой и экспериментами, является гипотеза вязкой пленки. По этой гипотезе более интенсивное растворение выступающих частей 3 (фиг. 10),



Фиг. 10. Схема сглаживания поверхности при электрополировании по гипотезе вязкой пленки: а — б — последовательные стадии сглаживания поверхности; 1 — участок полируемой поверхности; 2 — вязкая пленка во впадинах; 3 — выступы на поверхности.

приводящее к сглаживанию поверхности, происходит в результате неодинаковой толщины вязкой пленки 2, которой покрывается поверхность, в процессе анодного ее растворения. Меньшая толщина пленки на выступах 3 по сравнению с ее толщиной во впадинах определяет различное сопро-

твление прохождению тока на этих участках, вследствие чего на выступах устанавливается повышенная плотность тока, способствующая интенсивному растворению здесь металла.

Электрополирование позволяет производить отделочную обработку деталей сложной формы, обработку внутренних отверстий и полостей в металлических деталях. Области применения электрополирования в машиностроении приведены в табл. 4.

Декоративное полирование стальных изделий, целью которого является в первую очередь повышение блеска поверхности, может осуществляться на изделиях

с любой степенью чистоты исходной поверхности.

Своеобразным способом применения электрополирования для декоративной отделки является применение его в качестве предварительной операции с последующей механической глянцовкой в течение короткого времени. Основным смыслом этой операции заключается в том, что мельчайшие дефекты металла, выступившие на поверхность при электрополировании, сглаживаются механическим глянцеванием, и поверхность приобретает совершенно чистый вид.

Особенностью и существенным недостатком электрополирования являются неоди-

4. Применение электрополирования в машиностроении

Наименование деталей	Цель электрополирования
Детали машин, механизмов, станков различных форм и размеров, изготовленные из черных, цветных и легких металлов	Улучшение внешнего вида; повышение чистоты поверхности; снижение коэффициента трения; повышение коррозионной стойкости; нанесение блестящих или матовых надписей, знаков, сеток и т. п.
Детали машин, механизмов, станков, аппаратов с поверхностями, имеющими защитно-декоративные покрытия металлами	Улучшение приставания и свойств металлопокрытия (снижение пористости, повышение блеска и стойкости); сокращение трудоемкости основных операций и всего цикла
Фрикционные диски	Улучшение микрогеометрии поверхности, обеспечивающее прилегание по большей площади и передачу больших усилий
Пружины стальные и бронзовые цилиндрические, ленточные плоские любых типов и размеров	Повышение усталостной и коррозионной стойкости; уменьшение опасности наводороживания; облегчение обработки и снижение ее трудоемкости
Кольца шарикоподшипников	Улучшение микрогеометрии поверхности беговых дорожек (желобов); снижение коэффициента трения; уменьшение трудоемкости изготовления
Детали, изделия, резервуары различного назначения с внутренними полостями	Осуществление полирования внутренних полостей, труднодоступных для механической полировки
Арматура стальная, бронзовая, латунная для водяных, паровых, воздушных, газовых магистралей (краны, клапаны и пр.)	Очистка внутренних полостей, недоступных или труднодоступных для механического полирования, с целью уменьшения потерь на трение и повышения коррозионной стойкости; улучшение внешнего вида; снижение трудоемкости обработки
Трубы и соединительные части из различных металлов (угольники, тройники и пр.)	Повышение гладкости внутренних поверхностей; уменьшение трения протекающих продуктов; повышение коррозионной стойкости; снижение трудоемкости полирования

5. Полируемость металлов и сплавов основных групп

Металлы и сплавы	Полируемость
Медь, латуни холоднокатанные однофазные наклепанные, стали закаленные аустенитные с полностью растворимыми карбидами, алюминий чистый марок АВ	Отличная — высокий блеск, хорошее сглаживание, равномерно чистая поверхность
Сталь хромоникелевая холоднокатанная с единичными карбидами, бронза алюминиевая с 5% Al, алюминий чистый технический марок АО и А, сталь высокохромистая холоднокатанная наклепанная, сталь 9ХС закаленная (в электролите ХФС*), никель электролитический в серной кислоте с добавками, серебро в цианистосеребряном электролите	Хорошая — высокий блеск, хорошее сглаживание, возможны единичные растравленные точки и прозрачные дымчатые пленки
Латуни двухфазные холоднокатанные, дуралюмин закаленный и алюминиевые сплавы, бронза оловянистая отожженная, никелевые покрытия (в серной кислоте), сталь сырая У12 (в электролите ХФС), бронза Бр. ОЦ 10-2 (в фосфорной кислоте)	Удовлетворительная — блеск средней интенсивности, возможно появление шероховатых растравленных участков
Стали высоколегированные, подвергнутые длительному старению, с выделившимися карбидами, чугун белый и отбеленный, бронзы многокомпонентные, силумины, алюминиевые сплавы отожженные, сталь ЭЯЗС после отпуска при 650° С (в электролите ХФС), чугун никелевый (в электролите ХФС)	Плохая — блеск слабый, шероховатость заметна либо блеск высокий, но поверхность сильно растравлена. Образование темных пленок
Чугун сильно графитизированный, высококремнистые сплавы на железной основе, чугун марок СЧ в электролите, фосфорная кислота + серная кислота, олово и свинец в электролите ХФС	Не полируется — блеск отсутствует, поверхность сильно растравлена, толстые темные пленки
* Электролитом ХФС здесь и ниже условно называется хромофосфорносерный электролит (см. табл. 6).	

наковые результаты, получаемые на различных металлах и сплавах. Представляя собой процесс, основанный на избирательном растворении различных по свойствам участков металла, электрополирование чувствительно к неоднородности металла. Чем однороднее по составу и строению металл, тем лучше происходит его полирование. Наличие в металле двух или нескольких различных составляющих затрудняет его полирование, присутствие же в сплаве обилия неметаллических составляющих делает электрополирование его вообще невозможным.

В табл. 5 приведены примеры полируемости некоторых металлов и сплавов.

Электролиты для электрополирования. Применяемые для электрополирования электролиты по числу входящих в них основных компонентов могут быть разде-

лены на три группы: однокомпонентные, двухкомпонентные и трех- и более компонентные.

Однокомпонентные электролиты являются наиболее простыми в приготовлении и дешевыми. Они обладают низким электрическим сопротивлением и оказывают слабое коррозионное действие на большинство металлов. К недостаткам этих электролитов относятся специфичность действия, ограниченная долговечность и узкий диапазон значений режима, в котором они могут использоваться.

Наиболее универсальными из числа однокомпонентных электролитов являются хлорнокислые.

Увеличение числа компонентов в составе электролита расширяет возможности его использования. Некоторые из двух- и трехкомпонентных электролитов обеспе-

чивают хорошие результаты при полировании многих металлов и сплавов.

Достаточно широкое применение имеют двухкомпонентные электролиты, состоящие из смеси серной и фосфорной кислот (фосфорной кислоты 60—65%, серной кислоты 20—15%).

Достоинством хромофосфорносерных электролитов является универсальность, относительная простота и безопасность в обращении, доступность компонентов, входящих в состав электролита, пригодность для работы в широком диапазоне плотности тока и температуры.

К недостаткам этих электролитов следует отнести необратимое изменение в процессе эксплуатации их свойств, уменьшающее долговечность их.

Составы наиболее употребительных электролитов, содержащих хромовую кислоту, отличающихся наибольшей универсальностью, приведены в табл. 6.

Приведенный в табл. 6 электролит I является одним из универсальных электролитов. Кроме сталей различных марок, в нем может производиться полирование никеля, меди, латуни, алюминия и многих из его сплавов.

К числу универсальных электролитов относится также электролит IV. Этот электролит может применяться для полирования сталей различных марок, никеля, меди, латуни, бронзы, алюминия, алюминиевых сплавов и деталей, состоящих из различных металлов.

Из универсальных электролитов, описанных в патентной литературе, можно

отметить электролит следующего состава (в г/л):

Серной кислоты	25
Плавиковой кислоты	33
Борной кислоты	8,3
Хромовой кислоты	372
Фосфорной кислоты	328
Фталевого ангидрида	4,3

Плотность тока и время полирования в электролите этого состава при температуре 94°С составляют:

Для черных металлов	17—40 а/дм ²	2—4 мин.
• латуней	10—15	3—3,5
• бронз	18—24	2—2,3
• меди	5—13	1,5
• свинца	29—70	6
• цинка	20—24	2—2,4
• олова	7—9	1,5—3
• легких сплавов	12—39	2

Для декоративного электрополирования, преследующего в основном лишь повышение блеска поверхности, могут использоваться любые из хромофосфорносерных электролитов при максимальной плотности тока и температуре.

Технология электрополирования. Для электрополирования, являющегося электрохимическим процессом, могут быть использованы оборудование и приспособления, применяющиеся для металлопокрытий. В частности, без каких-либо переделок могут использоваться для электрополирования хромировочные ванны.

Ванны, облицованные внутри токопроводящим материалом, обеспечивают

6. Наиболее распространенные электролиты для электрополирования, содержащие хромовую кислоту

Составные части и режимы работ	Области преимущественного применения				
	Углеродистые и низколегированные стали и алюминий			Углеродистые и легированные стали	Высоколегированные стали
	I	II	III	IV	V
Ортофосфорная кислота в вес. %	65	70	77	88	40
Серная кислота в вес. %	15	—	9	—	40
Хромовый ангидрид в вес. %	6	14	8	10	3
Вода в вес. %	14	16	6	2	17
Удельный вес при 20°С в г/см ³	—	1,76	1,6—1,7	1,9	1,65
Вязкость при 20°С в сантипуазах	—	17	8—20	134	—
Плотность тока в а/дм ²	—	50—70	40—50	5—10	—
Напряжение на клеммах ванны при расстоянии между электродами 5 см в в.	—	8—12	—	3—4	—
Температура в °С	—	70—80	80—85	50	—
Длительность полирования в мин.	—	1—3	1—10	30	—

лучшие результаты, так как при использовании ванн с металлической облицовкой последние даже при отсутствии электрического соединения с полюсами могут участвовать в процессе в качестве bipolarного электрода и оказывать вредное влияние на распределение тока в ванне.

Области применения ванн, изготовленных из различных материалов, для выполнения операций, связанных с электрополированием, указаны в табл. 7.

7. Применимость типовых ванн для электрополирования

Тип ванн	Применение
Деревянные	Для промывки деталей в воде
Стальные без обкладки	Для электрохимического обезжиривания или промывки в горячей или холодной воде
Облицованные керамикой, каменным литьем, стеклом	Для электролитов любого состава
Облицованные органическими материалами, винилластом, оргстеклом	Для любого из употребляемых в практике электролитов при нагреве до температуры 70—90° С

В табл. 8 приведены материалы, применяющиеся в качестве катодов при электролитических процессах.

8. Материал катодов для ванн электрополировки

Материал катодов	Тип электролита
Медь, свинец, латунь, графит	Фосфорнокислый
Свинец, легированная сталь, графит	Сернофосфорный
Свинец, легированная сталь, медь	Хлорноуксусный
Алюминий, легированная сталь, графит, серебро	Фтороборный
Свинец, легированная сталь, графит	Сернолимонный

Для питания ванн при электрополировании применяется постоянный ток. По величине рабочей плотности тока и широте интервала допускаемых плотностей тока электрополирование резко отличается от гальванических процессов (меднения, цинкования, никелирования, лужения, свинцевания, хромирования).

Относительно низкое сопротивление большинства электролитов позволяет применять для питания ванн низковольтные источники тока. Лишь некоторые типы электролитов (хлорноокислый, азотноспиртовой, фторобромовый) требуют повышенных напряжений.

Сведения о величине напряжения на клеммах ванны для некоторых электролитов приведены в табл. 9.

9. Плотность тока и напряжение на ванне при электрополировании

Тип электролита	Плотность тока в а/дм^2		Пределы напряжения на клеммах ванны в в
	Рабочая	Предела встречающийся значений	
Сернофосфорнохромозный	20—60	15—200	6—15
Фосфорнокислый	5—20	2—100	2—4
Фтороборный	1—3	1—20	14—35
Серноуксусный	300—500	100—800	8—15
Фосфорноглицериновый	10—40	10—150	4—20
Сернокислый	10—40	10—200	6—8
Фторофосфорный	25—125	12—600	12—22

Одним из наиболее распространенных источников тока для питания электрополировочных ванн является низковольтный генератор типа НД. Генераторы выпускаются на различные мощности и силы тока, напряжением, не превышающим 12 в. Они могут быть использованы для электрополирования без каких-либо передок за исключением тех случаев, когда для питания полировочных ванн требуется большее напряжение. Для повышения напряжения у генератора заменяют приводной двигатель более быстроходным и мощным.

В качестве источника питания электрополировочных ванн используются также сварочные генераторы постоянного тока. Но эти генераторы имеют падающую характеристику, т. е. резко снижают напряжение при возрастании нагрузки. Поэтому для улучшения их характеристики применительно к условиям переменных нагрузок при питании ванн производят некоторые изменения в их электрической схеме. У машин типа СУГ и СМГ изменение схемы заключается в переносе положительного полюса на

10. Типовые технологические маршруты электрополирования

Наименование операций	Назначение электрополирования		
	Обработка деталей ответственного назначения для получения максимально достижимого качества поверхности при низкой исходной чистоте ее	Полирование деталей неотвечественного назначения для придания блеска без существенного повышения чистоты поверхности	Полирование деталей неотвечественного назначения с повышенными требованиями к чистоте поверхности
Шлифование черновое	+	+	-
" " чистовое	++	--	-
Полирование предварительное	++	--	-
Глянцевание	++	--	-
Обезжиривание растворителями	++	--	-
" " химическое	++	--	-
" " электрохимическое	++	--	++
Промывка в холодной воде	++	++	++
" " горячей	++	++	++
Травление электрохимическое	++	--	--
Промывка в холодной воде	++	--	--
Электрополирование	++	++	++
Промывка в сборниках	++	++	++
" " в холодной воде	++	++	++
Нейтрализация в соловом растворе	++	++	++
Промывка в горячей воде	++	++	++
Сушка	++	++	++
Механическое глянцевание	++	--	--

третью щетку, нормально служащую для питания обмоток возбуждения машины (при соответствующем увеличении этой щетки), а также в нахождении правильного положения щеток.

К наиболее удобным в эксплуатации источникам постоянного тока для питания электрополировочных ванн следует отнести селеновые выпрямители. Достоинствами их являются возможность плавной регулировки напряжения и тока, бесшумность работы, компактность и отсутствие движущихся подверженных износу частей. К числу других пригодных для питания электрополировочных ванн источников постоянного тока относятся механические выпрямители. Они несложны по конструкции, достаточно компактны и расходуют на себя небольшую мощность.

Основные операции, выполняемые при разных видах электрополирования, и последовательность их выполнения указаны в табл. 10.

ДЕКОРАТИВНЫЕ ГАЛЬВАНИЧЕСКИЕ ПОКРЫТИЯ

К декоративным гальваническим покрытиям, применяющимся для отделки деталей оборудования, относятся декоративное хромирование, никелирование,

цинкование и др. Наиболее совершенным и распространенным видом отделки деталей оборудования, состоящим одновременно и высокие качества защитного покрытия, является декоративное хромирование. Декоративному хромированию могут подвергаться детали, изготовленные как из медных сплавов, так и из черных металлов.

Декоративное хромирование производится обычно по подслою никеля для изделий из медных сплавов и по подслою меди и никеля для изделий из черных металлов. Иногда применяют и другие сочетания, например хром по подслою кадмия для черных металлов и др. Во всех случаях поверхностный слой хрома придаст покрытию износостойкость и защитит его от потемнения и потускнения даже в воздушной среде, загрязненной сероводородом, аммиаком, сернистым газом и влагой, которые в малых, а иногда и в значительных количествах всегда содержатся в атмосфере промышленных районов и в производственных помещениях. Для этой цели достаточно слой хрома 0,25—0,5 мк.

При декоративном хромировании основная роль в защите от коррозии принадлежит подслоям из меди и никеля, общая толщина которых обычно составляет 25—30 мк.

Первый подслоя (медь) обеспечивает выравнивание поверхности и закрытие всех пор и раковин, присущих черным металлам, благодаря мягкости меди и ее текучести под действием полирования, второй подслоя (никель) придает покрытию необходимую механическую прочность и хорошо полируется.

Чтобы избежать применения для меднения цианистых электролитов, часто для отделки стали применяют четырехслойные покрытия никель — медь — никель — хром.

Технологический процесс декоративного хромирования характеризуется применением концентрированных электролитов (400—450 г/л хромового ангидрида и 5 г/л серной кислоты), что позволяет работать при вольтаже источника тока 6 в; более низкими, чем при твердом хромировании, температурами электролита (40—45° С) и плотностью тока 18—25 а/дм².

В качестве анодов используют сплав свинца с 6% олова или сурьмы в виде стержней или пластин, подвешиваемых на медных крючках.

В случае покрытия по полированному никелю детали погружают в электролит после обезжиривания обтиркой тряпкой с сухой известию и затем чистой тряпкой. Это позволяет получить блестящее покрытие хромом детали в течение 3—5 мин. на толщину 0,5—1 мк, после которого не требуется полирования.

Для покрытия хромом никелированных деталей в целях декапирования поверхности в начале процесса обычно дается обратный ток на 1—1,5 мин. при его плотности на 50% выше, чем рабочая, а затем уже прямой ток при нормальной плотности.

ОКСИДИРОВАНИЕ

Оксидирование, или воронение, представляет собой распространенный способ отделки металлов путем их химического окрашивания, в результате которого поверхность приобретает черный, сине-черный или побежалые цвета. Оксидирование производится путем воздействия на поверхность металла химическими соединениями, способными образовывать при этом на поверхности стойкий защитный слой химического окисла или сернистого соединения данного металла.

Оксидирование цветных металлов применяется в целях декоративного окраши-

вания в черный цвет, например, поверхностей латунных шкал и циферблатов.

Оксидный слой на цветных металлах нуждается в дополнительном покрытии бесцветным лаком.

Оксидирование стали применяется не только для окрашивания, но и как защитное покрытие, предохраняющее от коррозии.

Существует несколько способов оксидирования стали. Основными из них являются химический, термический и щелочной.

Химический способ оксидирования стали при помощи так называемых ржавых лаков имел широкое применение в прошлом столетии для отделки стрелкового оружия и корпусов карманных часов.

Оксидирование ржавыми лаками производится следующим образом. Изделие после обезжиривания покрывают тонким слоем спиртового или водного раствора хлористого железа и хлорного и азотно-кислого железа или других хлоридов меди и висмута или никеля, называемым „ржавым лаком“. После ржавления в течение 8—16 час. детали вываривают в кипятке, чистят щетками и снова покрывают тем же составом. Таким образом все операции повторяют 3—4 раза.

Ржавый лак обычно готовят, насыщая техническую соляную кислоту окалиной (в течение суток), затем добавляют 5% по объему концентрированной азотной кислоты и полученный раствор разбавляют 10 объемами воды, иногда с добавлением спирта и необходимого количества ускорителей (солей меди, висмута, никеля).

Наиболее активно работает в качестве ржавого лака спиртовой состав, приготовленный по следующему рецепту. В 1 л древесного спирта растворяют 12 г хлористой меди (аммония), 30 мл соляной кислоты, 16 мл азотной кислоты и в течение 45 мин. держат на водяной бане. После этого в полученный раствор вливают второй раствор, приготовленный по другому рецепту. В 1 л винного спирта растворяют 26 г углекислого или азотнокислого висмута, 10 г хлористого аммония, 20 мл аммиака и 2 г хлорного железа. Если остается осадок, то его растворяют в нескольких каплях соляной кислоты.

Для химической окраски латунных изделий применяют аммиачное чернение. При аммиачном чернении после обезжиривания и декапирования детали погружают на 15 мин. в раствор следующего

состава. В 1 л воды растворяют при перемешивании 40 г углекислой меди и 160 мл аммиака (25%-ного). Операции ведут в вытяжном шкафу. Вынутые из раствора детали тщательно промывают в проточной воде.

Для усиления черного тона детали погружают на 1 сек. в раствор, состоящий из 10% хромпика и 10% аммиака, и затем снова промывают.

Химико-термический способ оксидирования является наиболее старым. Он заключается в окислении поверхности при нагреве.

Термический способ оксидирования с осмолением органических жирных масел или лаков применяется в настоящее время главным образом для химического окрашивания мелких деталей из проволоки и листового железа.

Для этого детали покрываются обычно в барабанах тонким слоем 18%-ного раствора масляно-асфальтового лака в бензине, обсушиваются на железных ситах и помещаются на этих ситах на несколько минут в печи с температурой 380—450° С. При этом поверхность металла окисляется и покрывается блестящим слоем осмоленного лака.

Синение мелких стальных деталей может производиться опусканием на 10—30 сек. в расплавленную смесь селитр калиевой и натриевой при температуре 320—350° С. После встряхивания детали промывают в воде.

Для оксидирования деталей из нержавеющей стали их опускают на 10 мин. в расплавленный хромпик при 350° С, в результате чего образуется прочный оксидный слой черного цвета.

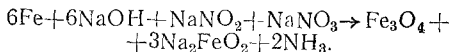
Щелочный способ оксидирования *. Преимуществами этого способа являются приятный внешний вид, черная окраска, неизменяемость размеров, достаточно высокая прочность и твердость покрытия, устойчивость к атмосферной коррозии. Толщина оксидного слоя при щелочном оксидировании достигает 2 мк и более.

Состав окисного слоя представляет собой смесь закиси FeO, магнитной окиси Fe₃O₄ и окиси железа Fe₂O₃.

Для щелочного оксидирования стальные детали с очищенной поверхностью погружаются в кипящий 55%-ный раствор едкого натра (каустической соды), содержащий 15% смеси из равных частей азотнокислого натрия и азотнокислого натрия. Температура кипящего раствора при за-

грузке изделий должна находиться в пределах 137—140° С.

Химизм процесса заключается в травящем действии на железо горячего концентрированного раствора едкого натра и окисляющем действии азотнокислого и азотистокислого натрия. При этом около 50% железа переходит в раствор в виде закиси феррита натрия Na₂FeO₂ или NaNHFeO₂ и около 50% железа окисляется до Fe₃O₄. Нитрат и нитрит натрия окисляют выделяющийся водород, восстанавливаясь до аммиака по реакции



Время обработки в кипящем оксидировочном растворе равняется 40—90 мин., но может быть сокращено до 5 мин. За это время вода испаряется и температура кипящего раствора поднимается до 148—150° С.

Чем больший интервал температур пройден, тем толще получается оксидная пленка. Слабое кипение ванны препятствует этому, оксидная пленка получается более тонкой и тормозится автоматическая очистка раствора.

После окончания оксидирования партии деталей ванна дополняется водой до первоначальной температуры кипения, т. е. 137—140° С, и первоначального уровня.

Способность сохранять размеры оксидируемых изделий постоянными обуславливается тем, что объем образованной оксидной пленки почти точно совпадает с объемом металла, учитывая, что половина железа переходит в раствор, а отношение объемов окисла и железа равно 2,16.

Для повышения устойчивости оксидного слоя износу и коррозии применяют покрытие тонким слоем лака. Особенно пригодны для этого бакелитовые лаки и лаки на основе эфиров метакриловой кислоты и других виниловых производных. Они устойчивы к маслам, химическим средствам и увеличивают устойчивость к коррозии, лишь мало меняя размеры.

Подготовка под оксидирование заключается в обезжиривании, декапировании или травлении в 5—10%-ной соляной кислоте.

После выгрузки из оксидной ванны детали должны быть хорошо промыты в проточной воде, затем в горячем 2%-ном мыльном растворе и в горячей воде. После высыхания детали погружают в горячее веретенное масло.

* Предложен в 1931 г. Е. М. Забываевым

Увеличение механической прочности оксидного слоя и матовой поверхности на стали достигается применением так называемой хроматно-нитратной ванны.

Эта ванна содержит на 1 л воды 500 г селитры, 400 г хромпика, 150 г хромовых квасцов или сернокислого хрома и 10 г соды. Изделия опускают в ванну после обезжиривания и выдерживают в ней 15—20 мин. при $t = 105 \pm 107^\circ \text{C}$. После этого детали хорошо промывают в проточной воде и переносят на 10—15 мин. в щелочную оксидирующую ванну обычного состава при $t = 150 \pm 155^\circ \text{C}$. При этом растворяется бурый налет, образованный в хроматно-нитратной ванне, и детали приобретают чистую черного цвета матовую поверхность. Прочность полученного таким образом оксидного слоя оказывается в несколько раз большей, чем при обычной технологии щелочного оксидирования.

ОКРАСКА ОБОРУДОВАНИЯ И МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ

Общие сведения

Основным назначением лакокрасочного покрытия является защита металла от коррозии и придание окрашиваемой поверхности красивого внешнего вида.

Защитное действие лакокрасочного покрытия заключается в изоляции окрашиваемой поверхности от воздействия окружающей среды, обеспечивающейся в результате превращения нанесенной краски в эластичную, непроницаемую для воды, воздуха и других реагентов, достаточно твердую пленку, имеющую хорошее сцепление с окрашиваемой поверхностью.

Выбор цветового оформления при окраске оборудования имеет важное значение. Металлорежущие и деревообрабатывающие станки и прессы, работающие в машинных залах, следует окрашивать в светло-серый цвет. Этот цвет, будучи неярким, вместе с тем улучшает световые условия цеха благодаря отражению от стенок значительной части лучей.

Внутренние поверхности корпусных деталей станков и машин окрашивают в ярко-красный, желтый или белый цвета; стрелки, указывающие направление движения различных механизмов, рекомендуют окрашивать в ярко-красный цвет, а внутреннюю поверхность электрошкафов в белый цвет.

Окрашивание внутренних поверхностей в светлые цвета имеет цель облегчить оссдержания их в чистоте. Окрашивание

в красный цвет масленок облегчает их нахождение.

Котельное оборудование, а также фундаментные части машин окрашивают черными красками, а оборудование, обладающее большой теплоотдачей, алюминиевыми жароупорными красками.

Подъемно-транспортное оборудование и металлоконструкции окрашивают в серебристый или светло-серый цвета.

Материалы, применяющиеся при окраске оборудования и металлоконструкций

Материалы, применяемые при окраске оборудования (табл. 11 и 12), разделяются на следующие группы: 1) нитролаковые; 2) масляно-алкидные; 3) битумные и битумно-алюминиевые; 4) вспомогательные.

Нитролаковые материалы приготовляются из нитроцеллюлозы; основное их свойство — быстрота высыхания (нитроэмали 10—20 мин. и нитрошпаклевки 1,5—2 часа), а также стойкость к действию щелочных эмульсий и минерального масла. К их недостаткам относятся горючесть, токсичность и возможность получения ровной поверхности лишь при нанесении краски пульверизатором.

Для пульверизационного нанесения нитроэмали разводят специальными растворителями. Растворители, как и нитроэмали, токсичны и взрывоопасны.

К нитроэмальям по своим свойствам близко стоят нитроглифталевые эмали НКО, отличающиеся от нитроэмалей введением в них смол. Глифталевые эмали сохнут дольше чем нитроэмали (до 2,0 часа), но легче наносятся кистью. Серая эмаль НКО № 23 может быть с успехом использована там, где по каким-либо причинам невозможно пульверизационное нанесение и вместе с тем требуется быстрота высыхания и стойкость против щелочной эмульсии.

Масляно-алкидные материалы приготавливаются из алкидных смол* с добавлением лака из растительного масла. Они хорошо наносятся кистью и имеют значительно меньшую вредность, чем нитроэмали. К их недостаткам относятся длительность высыхания (до 24 час.), недостаточная стойкость против щелочной эмульсии и минерального масла.

Битумные и алюминиево-битумные краски изготавливаются из битумов с

* Алкидная смола получается в результате взаимодействия глицерина и многоосновной фталевой кислоты.

11. Лакокрасочные материалы, применяющиеся для окраски оборудования

Наименование	Марка	Цвет	ГОСТ или ТУ	Способ нанесения	Время высыхания в час.			Растворитель	% разведения		Рабочая вязкость по воронке ВЗ-4 в сек. при 18—20° С		Назначение
					при температуре 15—20° С		при температуре 60—80° С		под кисть	под распылитель	под кисть	под распылитель	
					частичное	полное	полное						
Нитролаковые материалы													
Нитроцеллюлозная шпаклевка	АШ-30	Зеленый	ТУ МХП 553-42	Резиновым или стальным шпателем	—	2,0	—	РДВ, № 646	До 10	—	—	—	Для шпаклевки при окраске нитроэмалями НКО № 23 и 924
Нитроэмаль	ДМ	Красный, белый и черный	ТУ МХП 1281-45 520-41 911-41	Кистью или пульверизатором	0,13	0,5	—	РДВ, № 646	—	До 10	35—40	30—32	Для окраски внутренних поверхностей деталей
Нитроэмаль станочная	№ 924	Светло-серый	ТУ МХП 3160-52	Распылением	0,13	0,5	—	РДВ, № 646	—	60	—	30—35	Для окраски станка пульверизатором
Нитроглифталевая эмаль	НКО № 21	Красный	ГОСТ 6631-53	Кистью	0,33	0,33	—	РДВ, № 646 или № 649	5	15—20	35—40	33—32	Для окраски внутренних поверхностей деталей
То же	НКО № 23	Серый	ГОСТ 6631-53	"	0,33	0,33	—	РДВ, № 646 или № 649	5	15—20	35—40	30—32	Для окраски деталей и станков кистью

Продолжение табл. 11

Наименование	Марка	Цвет	ГОСТ или ТУ	Способ нанесения	Время высыхания в час.			Растворитель	% разведения		Рабочая вязкость по воронке ВЗ-4 в сек. при 18—20° С		Назначение
					при температуре 15—20° С		при температуре 60—80° С		под кисть	под распылитель	под кисть	под распылитель	
					частичное	полное							
Масляно-алкидные материалы													
Глифталевая грунтовка	№ 138	Коричневый	ГОСТ 4056-43	Кистью или распылением	2,0	10—12	1,5	Сольвент	5—10	20—30	30	22—24	Для грунтования деталей из чугуна и стали Ст. 3
Грунт-эмаль лаковая	АЛГ-5	Серо-зеленый	ТУ МХП 1047-43	То же	12	36	2,0	Уайт-спирит	6	10	23—30	25	Для грунтования деталей из алюминия
Эмаль серая масляно-глифталевая	№ 1425	Светло-серый	ГОСТ 3971-51	"	10	24	3,0	То же	—	10—15	40—45	28—32	Для окраски станков и деталей по шпаклевке
Эмаль красная масляно-глифталевая	№ 130	Красный	ТУ МХП 1849-43	Кистью	10	24	3,0	"	—	10—15	40—45	28—32	Для окраски внутренних поверхностей деталей
Эмаль белая масляно-глифталевая	КО-1	Белый	ГОСТ 64-40	"	10	24	3,0	"	—	10—15	40—45	28—32	Для окраски внутренних поверхностей электрошкафов

Продолжение табл. 11

Наименование	Марка	Цвет	ГОСТ или ТУ	Способ нанесения	Время высыхания в час.			Растворитель	% разведения		Рабочая вязкость по воронке ВЗ-4 в сек. при 18—20° С		Назначение
					при температуре 15—20° С		при температуре 60—80° С		под кисть	под распылитель	под кисть	под распылитель	
					частичное	полное							
Лаковая шпаклевка	ЛШ-1, ЛШ-2	—	ТУ МХП 1805-48	Стальным шпателем, резиновой пластинкой	—	24	8	Лак № 74	До 5	—	—	—	Для шпаклевания дегалей
Лак масляный подмазочный	№ 74	—	ГОСТ 6807-53	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Для добавления в лаковую шпаклевку и приготовления клеевой шпаклевки
Битумные и битумно-алюминиевые краски													
Лак битумный	№ 177	Черный	ГОСТ 5631-51	Кистью или распылением	—	24	0,33	Уайт-спирит	До 5	10—15	40—45	25—30	Для окраски фундаментных частей машины
Краска битумно-алюминиевая	АЛ-177	Серебристо-алюминиевый	ГОСТ 5631-51	То же	—	16	0,5	То же	5	10—15	40—45	25—30	Для окраски подъемно-транспортных сооружений и металлоконструкций
Эмаль жаростойкая	АЛ-70	То же	ТУ МХП 1822-48	Кистью	—	—	1,0 при $t = 150^{\circ} \text{С}$	Р-С2	10—15	—	13—17	—	Для окраски металлических печей

добавлением растительного масла или алкидных лаков и алюминиевой пудры.

К вспомогательным материалам относятся растворители, сиккативы, мел и другие материалы.

12. Вспомогательные материалы

Материал	Марка или номер	ГОСТ или ТУ	Назначение
Бензин, уайт-спирит	—	ГОСТ 3134-52	Для шлифования нитрошпаклевки; для обезжиривания деталей перед окраской и разведения масляных эмалей
Скипидар очищенный	—	ОСТ 657	Для разведения грунта № 133
Сольвент	—	ГОСТ 1928-50	
Растворители	№ 646	ГОСТ 5630-51	Для разведения нитроэмалей
	РДВ	ГОСТ 4399-48	
	№ 649	ТУ МХП 1812-48	Для разведения нитроглифталевых эмалей
Мел молотый	—	ГОСТ 392-52	Для добавления в лаковую шпаклевку
Экстракт (сиккатив № 64)	№ 2	ТУ МХП 935-41	Для добавления в масляные материалы
Растворитель	РС-2	ТУ МХП 1763-48	Для разведения эмалей АЛ-70, АЛ-177 и лака № 177

Технология окраски

Назначение и техника выполнения основных технологических операций окраски [8]. Подготовка поверхности к грунтованию. Высокие защитные свойства лакокрасочных покрытий обеспечиваются лишь при прочном сцеплении пленки с окрашиваемой поверхностью,

последнее же находится в прямой зависимости от ее чистоты. Поэтому перед нанесением краски поверхность детали должна быть сухой и тщательно очищенной от всякого рода загрязнений.

Ржавчина должна быть удалена, так как она препятствует сцеплению лакокрасочного материала с поверхностью и способствует дальнейшему развитию коррозии под пленкой покрытия.

Окалину необходимо удалять из-за ее хрупкости и возможности отслаивания.

Масляно-жировые загрязнения должны удаляться, потому что они уменьшают сцепление лакокрасочного материала с поверхностью. Кроме того, они замедляют высыхание и обладают способностью выступать на поверхность покрытия в виде пятен.

Влагу с окрашиваемой поверхности необходимо удалять, так как она препятствует сцеплению пленки покрытия с поверхностью; кроме того, наличие влаги под пленкой неизбежно вызовет коррозию металла.

Очистка поверхности может производиться механическими, химическими и термическими способами (табл. 13).

Грунтование обеспечивает создание надежного антикоррозионного слоя, имеющего высокую прочность сцепления с поверхностью изделия и с последующими окрасочными слоями.

Высокая противокоррозионная защитная способность грунтовок достигается введением в их состав пигментов — свинцового сурика, свинцовых и цинковых белил, цинкового крона и др., тормозящих развитие коррозии металла, и связующих веществ, обладающих высокой водостойкостью и малой водо- и паропроницаемостью.

Грунтование не предназначено для полного укрытия поверхности, поэтому стремиться к получению более толстого слоя грунта не следует. Образование пленки при толстом слое грунтовки замедляется, что ведет к снижению прочности пленки грунта.

Для предупреждения поверхности от загрязнения и появления ржавчины грунтование должно производиться непосредственно после ее подготовки.

Выбор требуемой грунтовки зависит от материала окрашиваемого изделия.

Кроме стандартных грунтовок, получаемых в готовом виде, рабочие составы грунтовок часто готовят на заводах-потребителях. Наибольшее распространение получило приготовление

13. Основные способы и средства для очистки поверхностей перед окраской [8]

Способы и средства очистки	Назначение и области применения
Очистка от ржавчины и окалина	
<i>Механические способы очистки</i>	
Пескоструйными и дробеструйными аппаратами	Удаление ржавчины и окалины на чугунных и стальных отливках, поковках и деталях из листового металла толщиной более 2 мм, не требующих сохранения размеров
Абразивными материалами вручную	Удаление налетов ржавчины с поверхностей любой конфигурации
Абразивными материалами при помощи шлифовальных аппаратов	Удаление налетов ржавчины и окалины с больших поверхностей несложной конфигурации
Стальными щетками и наждачными кругами вручную	Предварительное удаление ржавчины, окалины и формовочной земли
Механическими щетками и наждачными кругами	Удаление прочно держащейся на поверхности ржавчины и окалины с больших поверхностей простой конфигурации
Пневматическими молотками	То же с грубо обработанных поверхностей крупных деталей
В очистных барабанах	Удаление ржавчины, окалины и формовочной земли с мелких литых деталей и поковок
<i>Химические способы очистки</i>	
Травление в ваннах растворами соляной, серной и фосфорной кислот *	Удаление глубокой ржавчины и окалины с мелких и средних штампованных стальных деталей
Травление вне ванны кислотными пастами	То же с крупных деталей
Составом М-1120	Удаление легких налетов ржавчины со штампованных стальных деталей любых размеров, требующих надежной антикоррозионной защиты. Создание поверхности с хорошей прилипаемостью краски и образование фосфатного слоя
<i>Термические способы очистки</i>	
Керосино-кислородными и ацетилено-кислородными горелками	Одновременное удаление ржавчины, окалины и всяких загрязнений с металлических конструкций, не боящихся деформации от воздействия высоких температур

* См. раздел «Обеспечение сохранности оборудования и запасных частей», т. I.

Продолжение табл. 13

Способы и средства очистки	Назначение и области применения
Очистка масляно-жировых загрязнений	
Горячими щелочными растворами в ваннах и моечных машинах	Удаление грязи и масляно-жировых загрязнений со средних и мелких деталей после штамповки и механической обработки
Органическими растворителями	То же
Протиркой ветошью, смоченной органическими растворителями	То же с деталей и узлов любых размеров и конфигураций
Очистка старой краски	
<i>Механические способы очистки</i>	
Соскабливанием стамесками, скребками и другим ручным инструментом	Удаление пленки старой краски, пришедшей в негодность, с поверхностей любых размеров и форм
<i>Химические способы очистки</i>	
Концентрированными растворами едкого натра в ваннах с подогревом и без него	Удаление пленки старой краски и дефектных слоев окраски со средних и мелких штампованных деталей любой конфигурации, окрашенных красками на масляной основе
Растворителями и специальными смывками	Удаление пленок старой краски и дефектных слоев окраски с деталей любых размеров и конфигурации, окрашенных красками, пленки которых растворяются в соответствующих растворителях
<i>Термические способы очистки</i>	
Паяльными лампами и специальными горелками	Удаление пленок старой краски с деталей, не боящихся деформации от воздействия высоких температур

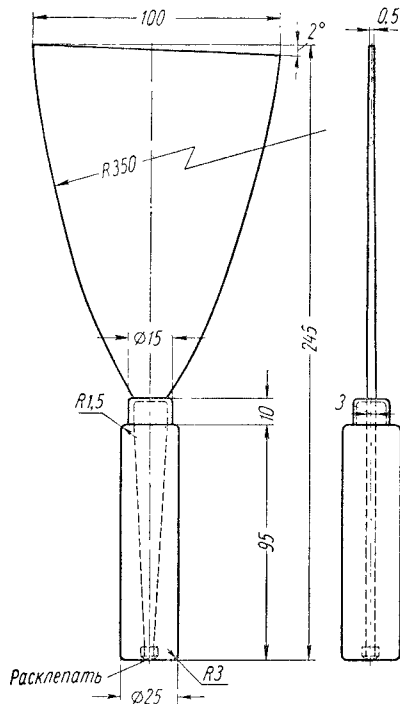
грунтовки из сухого железного сурика и олифы оксоль в качестве связующего по следующей рецептуре: 30% пигмента, 55% связующего и 15% растворителя.

Шпаклевание служит для выравнивания окрашиваемых поверхностей.

Шпаклевки наносят на загрунтованную хорошо просушенную поверхность при

помощи шпателей (фиг. 11—13), или способом распыления.

Шпаклевочная масса высыхает, не образуя трещин при толщине слоя не более 0,5 мм. Поэтому стремиться к заполнению неровностей только одним слоем



Фиг. 11. Шпатель стальной, применяется для нанесения шпаклевки на подготовляемые к окраске поверхности.

шпаклевки не следует, лучше наносить несколько слоев.

Растрескивание шпаклевки возможно также при нанесении ее на утолщенную пленку грунтовки.

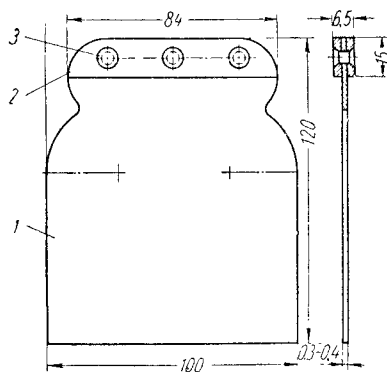
Шпаклевка снижает механическую прочность пленки лакокрасочного покрытия. Поэтому нужно добиваться тщательного механического выравнивания поверхности при подготовке, с тем чтобы слой шпаклевки был возможно меньшим.

При отделке высокого качества шпаклевание разбивается на три этапа:

- 1) местное шпаклевание наиболее глубоких неровностей поверхности;
- 2) двух или трехкратное сплошное шпаклевание всей поверхности;

3) выправление дефектных мест зашпаклеванной поверхности.

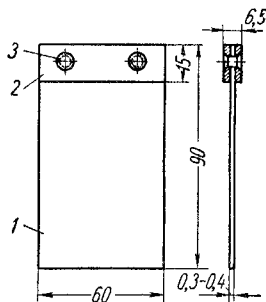
При местном шпаклевании (заделке глубоких неровностей) в рабочий состав



Фиг. 12. Шпатель стальной без ручки: 1 — стальная пластина; 2 — алюминиевые щечки; 3 — заклепки.

шпаклевки обычно добавляют 10—12% мела грубого помола, чем достигается равномерность просыхания слоя шпаклевки.

При нанесении нескольких сплошных слоев шпаклевки для ее закрепления



Фиг. 13. Шпатель резиновый: 1 — резиновая пластина; 2 — алюминиевые щечки; 3 — заклепки.

между слоями рекомендуется нанести второй слой грунтовки.

Для обеспечения необходимого качества шпаклевки каждый последующий ее слой должен наноситься только после высыхания предыдущего.

Кроме шпаклевок, выпускаемых химической промышленностью, при окраске

оборудования применяются шпаклевочные массы, приготовляемые на месте по следующим рецептам (в %):

	Для нижнего слоя	Для верхних слоев
Мел (ГОСТ 1498-42)	60	60
Охра (ОСТ НКТП 7815-754)	10	12
Белила цинковые (ГОСТ 202-41)	6	—
Сажа	—	1
Железный сурик (ОСТ НКТП 7815-754)	2	—
Подмазочный лак (ГОСТ 6807-53)	22	24
Вода	—	3

Для окончательного выравнивания поверхностей деревянных изделий, эксплуатируемых внутри помещения, применяют масляно-клеевые составы, изготовляемые обычно на месте по следующим рецептам (в %):

	I	II
Мел отмученный	73	73
Олифа натуральная или подмазочный лак	2,5	7
12-процентный раствор животного клея	14,5	—
10-процентный раствор животного клея	—	20

Ш л и ф о в а н и е предназначается для выравнивания окрашиваемых поверхностей.

Шлифованию подвергаются слои шпаклевки и эмалей.

Шлифовать можно сухую и мокрую поверхность (лаковую шпаклевку смачивают водой, а нитрошпаклевку уайт-спиритом). Шлифование мокрой поверхности обеспечивает более быстрое и качественное выполнение работы.

Для шлифования обычно применяются шкурки разных номеров (табл. 14) и пемза.

14. Номера шкурок, применяющихся для различных операций подготовки окрашиваемых поверхностей

Название операции	Номера шкурок
Очистка металла от ржавчины	36, 46, 60 и 80
Шлифование шпаклевок	100, 120 и 140

Для мокрого шлифования изготовляют водостойкие шкурки.

Шлифование последнего слоя шпаклевок производится куском пемзы или водостойкой шкуркой с водой.

О к р а ш и в а н и е. Для получения пленки, способной обеспечить надежную защиту металла от коррозии, краска должна наноситься в несколько слоев. Уменьшение количества слоев краски за счет увеличения их толщины недопустимо, так как приводит к снижению прочности пленки, вызывает ее растрескивание, появление морщин и потеков.

Краски и лаки могут наноситься кистью, распылением, окутанием, обливанием.

При окрашивании кистью должны соблюдаться следующие правила:

1) перед нанесением на поверхность рабочий состав краски необходимо тщательно перемешать чистой деревянной лопаткой и профильтровать через сетку с количеством отверстий на 1 см^2 , указанным в технических условиях на данную краску;

2) после перемешивания и фильтрования необходимо проверить рабочую вязкость краски;

3) кисть следует окунать в краску не более чем на $\frac{2}{3}$ длины щетины;

4) излишек краски следует удалять с кисти отжатием о край сосуда с краской;

5) при работе кисть нужно держать приблизительно перпендикулярно окрашиваемой поверхности;

6) краску нужно наносить сначала жирными зигзагообразными полосами, а затем растушевывать их в двух взаимно-перпендикулярных направлениях до получения тонкого, равномерного слоя.

П р и м е ч а н и е. При окрашивании вертикальных поверхностей окончательная растушевка должна производиться сверху вниз;

при окрашивании деревянных горизонтальных поверхностей окончательную растушевку нужно производить вдоль волокон древесины;

7) при требовании тщательной отделки окрасочный слой после растушевки нужно флейцевать (растушевывать кистью с мягким волосом — флейцем);

8) выбор кистей производится по ОСТ 90071-40 и 90075-40.

Окрашивание распылением является наиболее производительным способом нанесения лакокрасочных материалов. Этот способ позволяет наносить на поверхности любых размеров и формы тонкий и равномерный по толщине слой краски, обеспечивающий высокое качество покрытия

Окрашивание воздушным распылением может применяться при окраске быстро сохнущими материалами.

Окрашивание бескомпрессорным распылением производится за счет гидравлического давления, оказываемого на краску в аппарате (30—50 ат). Краска, выходя из сопла краскораспылителя под большим давлением и с большой скоростью, встречая сопротивление воздуха, распыляется на мельчайшие частицы.

Так как туманообразование при данном способе распыления значительно меньше, чем при воздушном, применение его не требует мощной вытяжной вентиляции. По этой же причине меньшими оказываются и потери краски.

Способом бескомпрессорного распыления окрашиваются преимущественно изделия больших размеров и простой формы, не требующие тщательной отделки.

Окрашивание окуном и обливанием является самым простым, дешевым и производительным способом окрашивания. Получить при обливании равномерное покрытие практически не представляется возможным.

Толщина пленки покрытия при окрашивании окуном зависит от скорости вынимания изделия из краски. Чем медленнее производить вынимание, тем тоньше получается пленка покрытия. При быстром вынимании толщина пленки увеличивается.

Окрашивание подогретыми лакокрасочными материалами позволяет сократить расход растворителя и уменьшить число слоев покрытия.

Сушка лакокрасочных покрытий представляет процесс превращения нанесенного на поверхность тонкого жидкого слоя в твердую пленку. В начале высыхания происходит удаление из состава лакокрасочного материала летучей части (разбавителя и растворителя). Для лакокрасочных материалов, не содержащих масел нитро-целлюлозных и т. п. лаков и эмалей, конец удаления летучей части является и концом их высыхания. Для лакокрасочных материалов на масляной основе конец удаления летучей части является лишь началом высыхания, так как их превращение в твердую пленку происходит путем сложных химических реакций, протекающих в процессе дальнейшего высыхания покрытия.

Процесс превращения в твердую пленку лакокрасочных материалов на масляной основе протекает довольно длительное время (24—48 час.). Для его ускорения применяют искусственную сушку при повышенной температуре.

Сушка при повышенной температуре не только сокращает время высыхания, но и повышает качество окраски.

Высшая допускаемая температура сушки для нитролаков и нитрэмалей составляет 60° С, масляных красок 120° С, масляно-лаковых красок 130° С, специальных асфальтовых лаков горячей сушки 250—300° С.

Искусственную сушку лакокрасочных покрытий производят конвекцией, облучением и токами промышленной частоты.

Типовые технологические схемы окраски

15. Технологический маршрут окраски масляными и нитроэмалями

№ операции	Наименование операции	Материал	Инструмент и приспособления	Время сушки при температуре 150° С в час
1	Удаление старой отслаивающейся краски и шлифование всей детали	—	Стальные шпатели, шкурка № 46	—
2	Промывание	Уайт-спирит	Кисть	—
3	Протирание	Ветошь	—	—
4	Продувание сжатым воздухом	—	Шланг	—
5	Грунтование	Грунт № 133	Кисть	15—20
6	Первое шпаклевание	Лаковая шпаклевка ЛШ-2*	Шпатели стальной или резиновый	20
7	Легкое шлифование	—	Шкурка № 60	—

Продолжение табл. 15

№ операции	Наименование операции	Материал	Инструмент и приспособления	Время сушки при температуре 150°С в час.
8	Второе шпаклевание	Лаковая шпаклевка ЛШ-2*	Шпатели стальной или резиновый	20
9	Легкое шлифование	—	Шкурка № 60	—
10	Третье шпаклевание	Лаковая шпаклевка ЛШ-2*	Шпатели стальной или резиновый	20
11	Тщательное шлифование пемзой с водой	—	Шкурка № 80 или гемза	—
12	Протирание	—	Ветошь	—
13	Продувание сжатым воздухом	—	Шланг	—
14	Окрашивание снаружи	Эмаль № 1425	Кисть	24
15	„ внутри	Эмаль НКО № 21 ** красная или масляная эмаль № 130	„	3

Операции 1—15 включительно проводятся над отдельными деталями; после сборки машины выполняются следующие работы:

16	Промывание	Уайт-спирит	Кисть	—
17	Протирание	Ветошь	—	—
18	Продувание	—	Шланг	—
19	Шлифование всего станка с зачисткой побитых мест	Шкурка № 60	Нож	—
20	Протирание	Ветошь	—	—
21	Продувание	—	Шланг	—
22	Окрашивание поврежденных мест	Эмаль № 1425	Кисть ручник	20
23	Шпаклевание поврежденных мест	Лаковая шпаклевка ЛШ-2	Шпатель стальной или резиновый	20
24	Шлифование поврежденных мест	—	Шкурка № 60	—
25	Протирание	—	Ветошь	—
26	Продувание	—	Шланг	—
27	Нанесение первого слоя эмали	Эмаль № 1425	Кисть ручник	20
28	Местное шпаклевание дефектных мест	Клеевая шпаклевка	Шпатель стальной, резина	3
29	Шлифование	Шкурка № 100	—	—
30	Протирание	Ветошь	—	—
31	Продувание	—	Шланг	—
32	Нанесение второго слоя эмали	Эмаль № 1425	Кисть ручник	24
33	Нанесение третьего слоя эмали	„ № 1425	То же	24
34	Декоративная отделка станка-машины (окраска маховиков, нанесение стрелок и т. д.)	„ № 130 красная и эмаль КО-1 белая	Кисть филеячатая	20

* В случае окраски нитроэмалями при выполнении операций 6, 8 и 10 применяется лаковая шпаклевка ЛШ-1 вместо ЛШ-2, в операциях № 23 и 28 нитро-шпаклевка АШ-30; в операции № 14 эмаль НКО-23; в операциях № 27, 32 и 33 нитро-эмаль № 924.

** Красная эмаль № 130 применяется, когда внутренние поверхности работают всухую.

Эмаль № 1425 может быть заменена алкидно-стирольной эмалью ЭС-41 с временем высыхания при температуре 15—20°С 2 часа (ТУ ХП № КУ-401-54), разводимой уайт-спиритом.

16. Расход лакокрасочных материалов на окраску металлорежущих станков при капитальном ремонте

Наименование и модель станка	Род окраски	Норма расхода на один станок в кг													
		Грунт № 138	Уайт-спирит	Лаковая шпаклевка	Эмаль НКО № 21	Эмаль № 1425	Лак № 74	Эмаль НКО № 23	Нитрошпаклевка АШ-30	Растворитель № 649	Растворитель № 646	Эмаль № 924	Сиккатив № 64	Клей животный	Мел молотый
Токарно-винторезный 1615М	Масляной эмалью Нитроэмалью Эмалью НКО	1,15	1,70	3,80	0,90	2,50	0,30	—	—	—	0,10	—	0,05	0,15	0,60
		1,15	1,90	3,60	0,90	0,60	0,20	—	—	—	4,00	—	0,05	—	0,50
		1,15	1,40	3,00	0,90	0,60	0,20	4,00	1,55 1,55	— 0,80	0,10 4,00 0,10	2,50 —	0,05 0,05 0,05	— —	0,50 0,50
Токарно-винторезный 1А62	Масляной эмалью Нитроэмалью Эмалью НКО	2,35	3,50	6,70	2,75	3,85	0,40	—	—	—	0,20	—	0,05	0,15	0,45
		2,35	3,75	6,25	2,75	1,75	0,30	—	—	—	7,10	—	0,05	—	0,40
		2,35	3,75	6,25	2,75	1,75	0,30	6,25	3,25 3,25	— 0,62	0,20 0,20	4,40 —	0,05 0,05 0,05	— —	0,40 0,40
Токарно-винторезный 1Д63А	Масляной эмалью Нитроэмалью Эмалью НКО	3,06	4,30	6,75	7,0	6,50	0,35	—	—	—	0,70	—	0,08	0,05	0,75
		3,06	4,75	5,50	7,0	2,50	0,25	—	—	—	7,50	—	0,08	—	0,60
		3,06	4,75	5,50	7,0	2,50	0,25	7,50	3,00 3,00	— 0,75	0,70 0,70	5,70 —	0,08 0,08 0,08	— —	0,60 0,60
Револьверный 1К36	Масляной эмалью Нитроэмалью Эмалью НКО	3,10	4,20	9,80	2,36	7,80	0,60	—	—	—	0,10	—	0,07	0,20	0,56
		3,10	4,40	9,50	2,36	1,40	0,50	—	—	—	9,30	—	0,07	—	0,50
		3,10	4,40	9,50	2,36	1,40	0,50	10,20	4,10 4,10	— 2,20	0,10 0,10	6,10 —	0,07 0,07 0,07	— —	0,50 0,50
Горизонтально-фрезерный 6Н82Г	Масляной эмалью Нитроэмалью Эмалью НКО	3,85	4,50	4,25	6,50	6,00	0,30	—	—	—	0,60	—	0,07	0,30	0,70
		3,85	5,00	3,80	6,50	1,80	0,20	—	—	—	6,20	—	0,07	—	0,60
		3,85	5,00	3,80	6,50	1,80	0,20	6,00	2,20 2,20	— 1,20	0,60 0,60	— 4,00	0,07 0,07 0,07	— —	0,60 0,60
Зубофрезерный 532	Масляной эмалью Нитроэмалью Эмалью НКО	3,80	4,20	8,50	5,60	4,60	0,45	—	—	—	0,56	—	0,07	0,30	0,60
		3,80	4,60	7,95	5,60	1,70	0,40	—	—	—	5,00	—	0,07	—	0,50
		3,80	4,60	7,95	5,60	1,70	0,40	6,20	4,10 4,10	— 1,20	0,56 0,56	— 3,30	0,07 0,07 0,07	— —	0,50 0,50
Зубострогальный 526	Масляной эмалью Нитроэмалью Эмалью НКО	4,95	6,80	12,6	7,5	5	0,60	—	—	—	0,7	—	0,07	0,50	1,00
		4,95	7,35	11,2	7,5	2,5	0,50	—	—	—	7,50	—	0,05	—	0,80
		4,95	7,35	11,2	7,5	2,5	0,50	8,0	5,0 5,0	— 0,80	0,75	— 5,70	0,05 0,05	— —	0,80 0,80
Поперечно-строгальный 736	Масляной эмалью Нитроэмалью Эмалью НКО	1,60	2,30	3,90	3,10	2,50	0,30	—	—	—	0,30	—	0,10	0,30	0,80
		1,60	2,60	3,70	3,10	0,75	0,20	—	—	—	3,00	—	0,10	—	0,60
		1,60	2,60	3,70	3,10	0,75	0,20	3,0	1,80 1,80	— 0,60	0,30 0,30	— 2,00	0,10 0,10	— —	0,60 0,60

Наименование и модель станка	Род окраски	Нормы расхода на один станок в кг													
		Грунт № 138	Уайт-спирит	Лаковая шпаклевка	Эмаль НКО № 21	Эмаль № 1425	Лак № 74	Эмаль НКО № 23	Нитрошпаклевка АШ-30	Растворитель № 649	Растворитель № 646	Эмаль № 924	Сиккатив № 64	Клей животный	Мел молотый
Горизонтально-протяжной 7520	Масляной эмалью Нитроэмалью Эмалью НКО	3,30	4,30	4,10	6,40	7,00	0,30	—	—	—	0,60	—	0,05	0,50	1,00
		3,30	4,75	3,70	6,40	1,20	0,20	—	2,00	—	7,5	—	0,04	—	0,80
		3,30	4,75	3,70	6,40	1,20	0,20	9,00	2,00	0,90	0,60	8,20	0,04	—	0,80
Круглошлифовальный 3161	Масляной эмалью Нитроэмалью Эмалью НКО	4,10	6,50	6,85	4,00	12,0	0,35	—	—	—	0,4	—	0,05	0,50	1,00
		4,10	7,10	6,30	4,00	2,00	0,20	—	2,80	—	13,5	—	0,04	—	0,80
		4,10	7,10	6,30	4,00	2,00	0,20	14,5	2,85	0,30	0,4	—	0,04	—	0,80
Плоскошлифовальный 372-Б	Масляной эмалью Нитроэмалью Эмалью НКО	5,20	5,75	8,80	5,40	5,00	0,40	—	—	—	0,25	—	0,08	0,30	0,70
		5,20	6,30	7,75	5,40	2,00	0,30	—	3,20	—	9,00	—	0,08	—	0,60
		5,20	6,30	7,75	5,40	2,00	0,30	7,00	3,20	0,70	0,25	6,00	0,08	—	0,60
Резьбошлифовальный 582	Масляной эмалью Нитроэмалью Эмалью НКО	8,50	9,50	22,3	7,90	10,20	1,0	—	—	—	0,40	—	0,10	0,50	1,00
		8,50	10,50	20,4	7,90	2,50	0,85	—	8,50	—	15,0	—	0,10	—	0,85
		8,50	10,50	20,4	7,90	2,50	0,85	13,50	8,50	2,60	0,40	9,25	0,10	—	0,85
Вертикально-сверлильный 2135	Масляной эмалью Нитроэмалью Эмалью НКО	2,75	3,45	4,75	3,80	4,80	0,30	—	—	—	0,40	—	0,06	0,20	0,70
		2,75	3,80	4,50	3,80	1,00	0,20	—	1,80	—	4,50	3,00	0,05	—	0,50
		2,75	3,80	4,50	3,80	1,00	0,20	5,00	1,80	1,00	0,40	—	0,05	—	0,50
Радиально-сверлильный 255	Масляной эмалью Нитроэмалью Эмалью НКО	3,50	6,00	18,0	6,40	5,00	1,00	—	—	—	0,60	—	0,06	0,30	0,80
		3,50	6,50	16,8	6,40	3,00	0,80	—	7,10	—	4,50	3,00	0,05	—	0,60
		3,50	6,50	16,8	6,40	3,00	0,80	4,50	7,10	0,45	0,60	—	0,05	—	0,60
Отрезной 866	Масляной эмалью Нитроэмалью Эмалью НКО	5,00	5,20	6,80	8,20	13,5	0,35	—	—	—	0,80	—	0,07	0,50	1,00
		5,00	5,85	6,40	8,20	1,85	0,25	—	3,30	—	10,00	7,00	0,05	—	0,80
		5,00	5,85	6,40	8,20	1,85	0,25	10,0	3,30	1,0	0,80	—	0,05	—	0,80

Расход лакокрасочных материалов при текущем ремонте станков составляет: нитрошпаклевки 10%, эмали НКО и растворителя 649 или нитроэмали № 924 и растворителя 646 50%.

Расход указан при покрытии нитроэмалями пульверизатором, масляной эмалью и эмалью НКО — кистью.

Расход алкидно-стирольной эмали аналогичен расходу эмали № 1425; номенклатура и количество остальных материалов не изменяется.

Оборудование и аппаратура для производства окрасочных работ

Аппаратура для окраски распылением. Передвижные компрессорные установки применяются при окрасочных работах в случае отсутствия центральной компрессорной на заводе.

Передвижные компрессорные установки выпускаются промышленностью двух моделей: 0-16 и 0-22 (модель 0-16 рассчитана на работу двух распылителей, модель 0-22 работу одного распылителя).

Техническая характеристика моделей 0-16 и 0-22

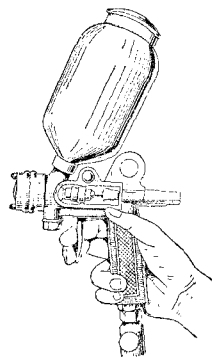
	0-16	0-22
Производительность в $\text{м}^3/\text{час}$	0,5	0,25
Рабочее давление в атм	4,0	4,0
Мощность электродвигателя в квт	3,2	1,7
Вес установки в кг	188	110

Пистолеты-распылители (фиг. 14) применяются для окраски как больших, так и малых поверхностей. Они дают повышенное качество окрашиваемых поверхностей и повышают производительность труда при окраске.

Техническая характеристика пистолета-распылителя 0-19

Производительность в $\text{м}^2/\text{час}$	До 100
Рабочее давление воздуха в атм	3
Сменные диаметры краскораспыляющего сопла в мм	1,2; 1,8; 2,5
Средний расход воздуха в $\text{м}^3/\text{час}$	11-13
Вес в кг	0,6

При небольшом объеме работ и отсутствии окрасочных камер целесообразно применять распылитель типа БТО-1 с уменьшенным туманообразованием. Данный распылитель выпускается московским заводом „Металлист“.

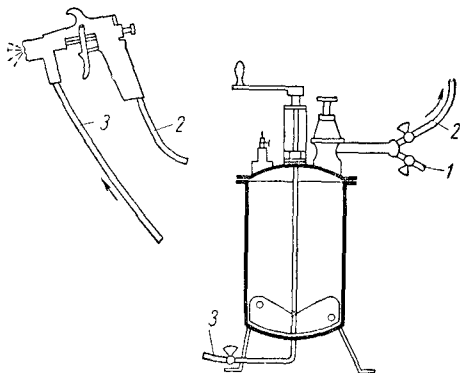


Фиг. 14. Пистолет-распылитель 0-19.

Пистолетом-распылителем можно производить окраску при помощи стаканчика, установленного на самом распылителе, в который наливается краска вместимостью до 0,5 л. При больших окрашиваемых поверхностях пользуются красконагнетельными бачками 2-КН-20, снабженными лопастью мешалкой для перемешивания краски. Емкость бачка 20 л.

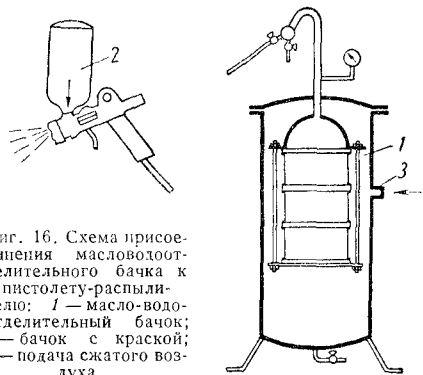
Схема присоединения красконагнетельного бачка к пистолету-распылителю показана на фиг. 15.

Для очистки поступающего в пистолет-распылитель воздуха перед красконагнетельным баком устанавливается масловодоотделитель МВО-1, где поступающий воздух посредством фильтра очищается



Фиг. 15. Схема присоединения красконагнетельного бачка к пистолету-распылителю: 1 — подача сжатого воздуха от масловодоотделителя; 2 — подача воздуха в пистолет-распылитель; 3 — подача краски в пистолет-распылитель.

от посторонних примесей. При работе пистолетом-распылителем с подачей краски из стаканчика, навинченного на распылитель, масло-водоотделитель соединяется так, как показано на схеме фиг. 16.



Фиг. 16. Схема присоединения масловодоотделительного бачка к пистолету-распылителю: 1 — масло-водоотделительный бачок; 2 — бачок с краской; 3 — подача сжатого воздуха.

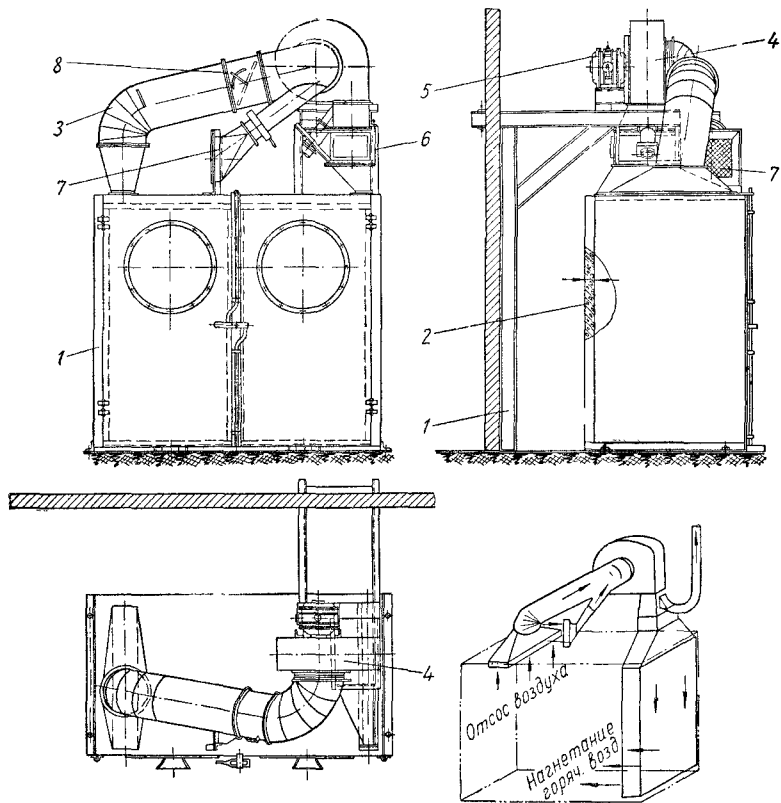
Окрасочную аппаратуру изготовляет Вильнюсский завод быв. Министерства строительного и дорожного машиностроения.

Оборудование для окрасочных работ. Окрасочные камеры. При окрашивании распылением часть распыленной краски не достигает окрашиваемой поверхности и в виде мелкой пыли находится во взвешенном состоянии в окружающем

чаивающей удаление вредных паров и красочного тумана непосредственно от мест их образования.

Камеры имеют гидрофилтры.

Для условий ремонтно-механических цехов наиболее подходящими являются



Фиг. 17. Окрасочная тупиковая камера: 1 — каркас камеры и площадки; 2 — теплоизоляция; 3 — всасывающий воздуховод; 4 — вентилятор; 5 — электродвигатель; 6 — электрокалорифер; 7 — фильтр; 8 — дроссель клапана.

воздухе. При этом содержащиеся в нитроэмалях растворители интенсивно испаряются. Насыщая своими парами окружающую среду, они оказывают вредное действие на организм работающих и создают пожарную опасность. Поэтому при значительных объемах работ с нитроматериалами, наносимыми распылением, окраску производят в специальных камерах, препятствующих распространению красочной пыли и паров растворителя в окружающие помещения. Эти камеры снабжаются усиленной вентиляцией, обеспе-

чивающей удаление вредных паров и красочного тумана непосредственно от мест их образования.

Камеры имеют гидрофилтры. Для условий ремонтно-механических цехов наиболее подходящими являются тупиковые окрасочные камеры, одна из конструкций которых приведена на фиг. 17*.

Внутренние (рабочие) размеры камеры 4000 × 3090 × 3000 мм; вентилятор центробежный низкого давления № 6,5; электродвигатель вентилятора МА-142-2/6; насос центробежный ЦН-65 гр. Х; электродвигатель насоса МА-142-2/4; максимальные размеры изделий, которые могут

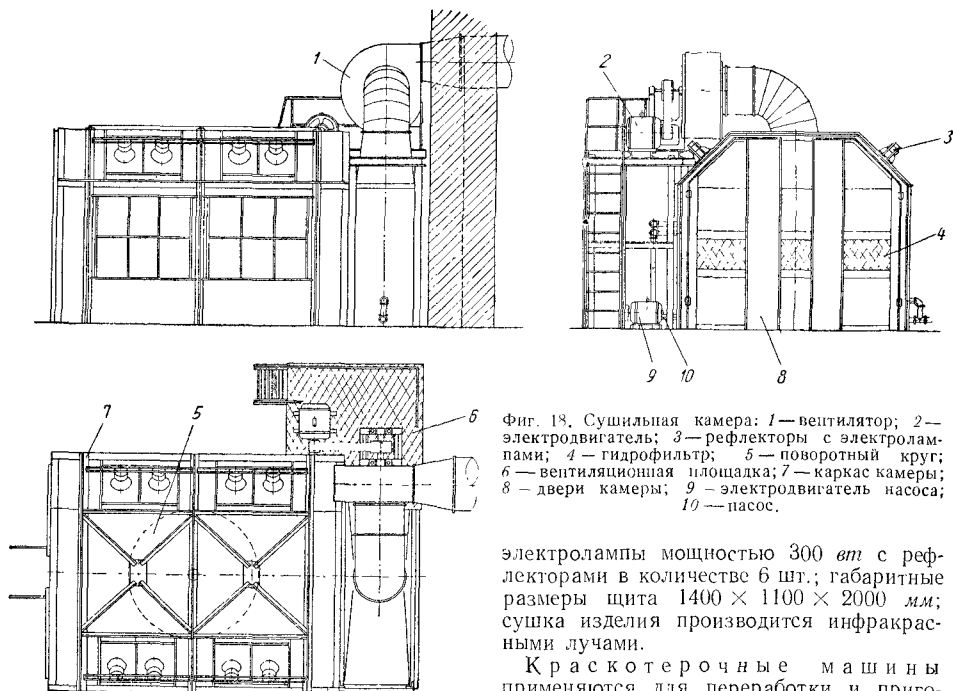
* Рабочие чертежи на окрасочные камеры имеются в производственной конторе „Лакокраскопокрытие“ МХП.

окрашиваться в камере: $2500 \times 2000 \times 2400$ мм.

Сушильные камеры. Для ускорения высыхания грунта № 138, лаковых шпаклевок и других масляно-алкидных материалов при больших объемах работ целесообразно применять искусственную сушку в сушильных камерах *. Искусственная сушка значительно уско-

ламповые) сушильные щиты. Благодаря своей легкости и возможности установки в любом месте сушильные щиты могут найти широкое применение при окраске ремонтируемого оборудования.

Рефлекторный сушильный щит для сушики изделий размером 850×600 мм имеет следующую техническую характеристику: температура сушки на поверхности 120°C ;



Фиг. 18. Сушильная камера: 1 — вентилятор; 2 — электродвигатель; 3 — рефлекторы с электролампами; 4 — гидрофильтр; 5 — поворотный круг; 6 — вентиляционная площадка; 7 — каркас камеры; 8 — двери камеры; 9 — электродвигатель насоса; 10 — насос.

ряет время высыхания (например, для грунта № 138 с 12 до 1,5 часа, лаковой шпаклевки с 24 до 8 час. и т. д.). В ремонтно-механических цехах для этой цели могут применяться односекционные туннельные камеры периодического действия (фиг. 18) с электрообогревом.

Температура сушки в камере 100°C . Камера имеет следующее оборудование: центральный вентилятор низкого давления, электродвигатель к вентилятору и электрокалорифер.

Передвижные сушильные установки. К передвижным сушильным установкам относятся рефлекторные

электроработы мощностью 300 вт с рефлекторами в количестве 6 шт.; габаритные размеры щита $1400 \times 1100 \times 2000$ мм; сушка изделия производится инфракрасными лучами.

Краскотерочные машины применяются для переработки и приготовления шпаклевок. Наиболее производительной краскотерочной машиной отечественной конструкции является трехвальцовая машина ГК-1 *.

При отсутствии трехвальцовой машины может быть использована жерновая краскотерочная машина производства Одесского завода быв. Министерства строительного и дорожного машиностроения.

Техника безопасности при выполнении окрасочных работ. Все лакокрасочные материалы, в особенности нитроматериалы и растворители, горючи и легко воспламеняются, а также токсичны при действии на кожу и дыхательные пути. Поэтому при их применении необходимо соблюдать следующие правила.

* Рабочие чертежи сушильных камер имеются в производственной конторе «Лакокраскопокрытие» МХП.

* Рабочие чертежи краскотерочной машины ГК-1 имеются в Оргстанкипроме.

Окрасочные участки должны быть расположены в просторных, сухих и светлых помещениях. Температура помещений, в которых производится окраска, должна быть не менее 12—15° С.

Все материалы и растворители должны храниться в специальных изолированных помещениях, а при отсутствии таковых — в запирающихся металлических шкафах. Краски и эмали должны подаваться на рабочее место в закрывающейся металлической таре. Пролитая краска или растворитель должны немедленно убираться с засыпкой места песком.

Пулверизационное нанесение красок и эмалей должно производиться в специальных камерах с исправно действующей вентиляцией и фильтрами.

При малых объемах работ в виде исключения допускается окрашивание нитроэмалями в общих пролетах, но в нерабочие смены, с разрешения и ведома местной пожарной охраны. Рабочие при этом должны работать в промышленных респираторах.

На специализированных окрасочных участках не допускаются работы с применением открытого огня и искрящего оборудования.

Уборка окрасочных участков должна производиться не менее 1 раза в смену. Искользованный обтирочный материал и шкурки должны собираться и складываться в специальные металлические ящики с крышкой. Ящики должны очищаться 1 раз в смену. Кисти, шпатели и рабочая посуда должны содержаться в чистоте в специальных шкафах или ящиках.

Верстаки, стеллажи и шкафы, служащие для окраски и хранения лакокрасочных материалов, должны быть изготовлены из металла.

Рабочие-маляры должны работать в спецодежде (мужчины в комбинезонах, а женщины в халатах). Женщины должны работать в косынках. Перед приемом пищи и в конце работы рабочие-маляры должны тщательно мыть руки теплой водой с мылом. Принимать пищу в спецодежде на рабочих местах воспрещается.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ТАБЛИЦ, УКАЗАТЕЛЬНЫХ НАДПИСЕЙ, СХЕМ И НОМОГРАММ ДЛЯ ОБОРУДОВАНИЯ

Одним из наиболее распространенных и совершенных способов изготовления на металле указательных надписей, таблиц, схем, номограмм и фирменных дощечек является фотохимический способ.

Сущность этого способа заключается в нанесении изображения на металл (железо, алюминий, медь, латунь и пр.) фотографическим методом и вытравливании этого изображения специальными травильными растворами.

Чтобы воспроизвести изображение на поверхности металлической пластины, выполняют негативное изображение на кальке или фотопленке, на металлическую пластинку наносят светочувствительный слой и методом контактной печати получают на ней позитивный отпечаток. Вытравливая затем незасветленные части светочувствительной эмульсии, получают рельефное изображение на поверхности металлической пластинки.

Для обеспечения большей четкости изображения и надписей углубленные поверхности окрашивают протравливанием в специальных растворах или покрывают цветными лаками.

Схема технологического процесса изготовления металлических таблиц, номограмм и пр. фотохимическим способом (последовательность операций)

1. Изготовить диапозитивное изображение таблицы, схемы и т. п. на кальке или фотографированием на фотопленке.
2. Шлифовать и полировать поверхность металлической пластины.
3. Обезжирить поверхность пластины смесью очищенного мела с нашатырным спиртом.
4. Протравить поверхность пластины непосредственно перед нанесением светочувствительного слоя эмульсии следующим раствором (для стали, меди и латуни): двуххромовокислого калия 150 г; серной кислоты уд. веса 1,84 200 см³; воды дистиллированной 800 см³. Время протравливания пластины в растворе 3—5 мин.
5. Промыть в проточной холодной воде.
6. Нанести светочувствительный слой на поверхность пластины. Состав эмульсии: яичного белка, взбитого и отстоявшегося, 100 см³; двуххромовокислого аммония с аммиаком (10%-ный раствор) 120 см³; воды 1000 см³. Нанесение эмульсии производят двукратным обливанием пластины эмульсией в затемненном помещении при свете лампы малой мощности (10—15 вт).
7. Просушить пластину. Лучшим способом является сушка на вращающемся диске (может быть использован электропатефон).

8. Наложить на пластину негативную пленку или кальку, плотно прижать и экспонировать в световом потоке лампы 500—1000 *вт* на расстоянии 0,5 м в течение 2—5 мин.

9. Нанести на пластину резиновым валиком тонкий, ровный слой переводной литографской краски. Для этого на толстое стекло или мраморную плиту кладут немного краски и приливают несколько капель скипидара. Затем краску раскатывают по поверхности валиком и, после того как краска ляжет на валик ровным слоем, наносят на экспонированную пластину.

10. Проявить пластину в воде при комнатной температуре. Для проявления пластину помещают в ванну с водой и мокрым куском ваты осторожно проводят по закатанной краской эмульсии. При этом эмульсия там, где она не подвергалась действию света (не была задублена), растворяется в воде и вместе со слоем краски сходит с поверхности пластины.

11. Припудрить пластину порошком канифоли с тальком для усиления закатанного краской эмульсионного слоя, т. е. повышения его стойкости при последующем травлении. Избыток пудры снести мягкой кистью.

12. Прогреть пластину над электроплиткой или газовой горелкой до расплавления

канифоли для впавления защитной пудры в слой жирной краски.

13. Протравить пластину.

Стальные пластины травят в 25%-ном растворе азотной кислоты или в растворе соляной кислоты и хлорноватостокислого калия KClO_3 (5 : 1 по весу).

Для медных и латунных пластин следует применять раствор следующего состава: хромового ангидрида 300 г, аммония сернокислого 100 г, воды 1000 см^3 .

Снятие бурого налета после травления производится следующим раствором: двухромовокислого калия 200 г, серной кислоты 200 см^3 , воды 1000 см^3 .

Алюминиевые пластины травят в 10%-ном растворе едкого натра, насыщенного поваренной солью, или в 40%-ном растворе хлористого железа. В последнем растворе можно протравливать и другие металлы (медь, латунь, сталь).

Бурый налет, образующийся при травлении в хлористом железе, удаляют протиранием раствором нашатырного спирта с мелом.

14. Промыть пластины после протравливания в проточной холодной воде и просушить.

15. Покрасить пластину лаком или химическим способом.

Окраска пластин лаком. Для окраски протравленных металлических пластин применяются спиртовые лаки и нитролаки. Наилучшие результаты получаются

17. Состав растворов для химического окрашивания металлов в черный цвет

Металл пластины или гальванического покрытия	Химический состав раствора	Режим протравливания
Железо и его сплавы	Сернокислой меди 12 г, сернокислого железа 30 г, хлорного железа 15 г, воды 1000 см^3	Температура раствора комнатная; время травления 8—12 мин.
Медь и ее сплавы	Сернокислой меди 50 г, марганцевокислого калия 5 г, воды 1000 см^3	Температура раствора 60° С; время травления 10—15 мин.
Цинк электролитический	Сернокислой меди 50 г, марганцевокислого калия 5 г, воды 1000 см^3	Температура раствора комнатная; время травления 5—10 мин.
Алюминий и его сплавы	Азотнокислой меди 20 г, азотной кислоты уд. веса 1,35 4 см^3 , воды 1000 см^3	Температура раствора комнатная; время травления 10—12 мин.

при использовании шеллачного лака. Для получения черного цвета лак окрашивают нигрозином в количестве 3—5% веса лака.

Окраска складывается из следующих операций: а) нанесения равномерного слоя лака на всю поверхность пластины; б) просушивания пластины; в) удаления отмачиванием в керосине черной краски с мест, покрытых защитной пленкой литографской краски с канифолью.

После этой операции на поверхности пластины остается лишь позитивное изо-

бражение, окрашенное в глубокий черный цвет на светлом фоне нетравленного металла.

Химическое окрашивание пластины. Химическое окрашивание пластин производится путем протравливания металла пластин в специальных растворах. Хорошие результаты получаются при окрашивании цинковых покрытий, предварительно нанесенных гальваническим способом на открытые участки пластины (табл. 17).

ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ

Полирование

1. Попилов Н. Я., Технология электрополирования металлов, Машгиз, 1953.

Окраска оборудования и металлоконструкций

1. Дринберг А. Я. и др., Технология лакокрасочных покрытий, Госхимиздат, 1951.

2. Бахвалов Г. Т. и др., Защитные покрытия металлов в машиностроении, Машгиз, 1949.

3. Вайнер Я. В. и др., Справочник по защитно-декоративным покрытиям, Машгиз, 1951.

4. Киселев В. С. и др., Производство лаков, олиф и красок, Госхимиздат, 1953.

5. Сборник стандартов и технических условий на продукцию лакокрасочной промышленности, вып. 1, 2 и 3, Госхимиздат, 1952.

6. Латышев А. А. и др., Алюминиевая асфальтобитумная краска, Госхимиздат, 1949.

7. Энциклопедический справочник „Машиностроение“, т. 4, раздел „Лаки и краски“, Машгиз, 1947.

8. Технология окраски изделий (руководящие материалы), ВПТИ Минтрансаша, 1955.

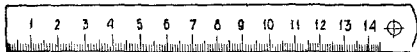
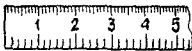
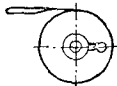
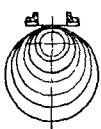
Изготовление металлических таблиц

1. Яковлев Д., Прикладная фотография, Госкиноиздат, 1952.

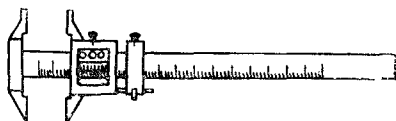
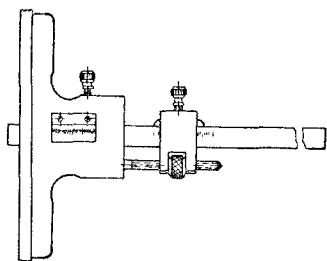
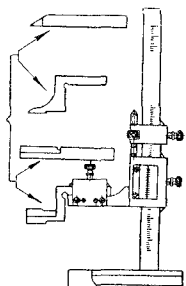
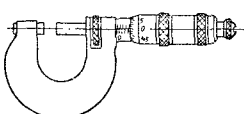
КОНТРОЛЬ ДЕТАЛЕЙ И ТОЧНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ

ПРОВЕРКА РАЗМЕРОВ, ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ ДЕТАЛЕЙ
И ТОЧНОСТИ РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ

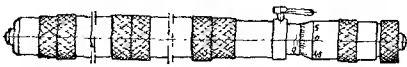
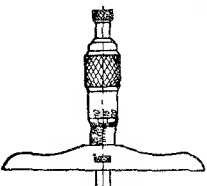


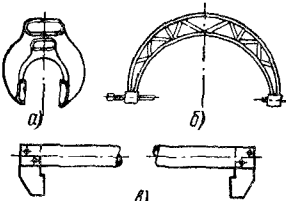
1. Методы проверки линейных размеров

Методы, схемы измерения и характеристики измерительных средств	Предельные погрешности метода измерения и измерительных средств	
	Размеры в мм	Погрешности в мк
Абсолютные методы измерения		
<p>С помощью штриховых мер длины</p>  <p>Металлическими измерительными линейками ГОСТ 427-56 (предел измерения 0—1000 мм, цена деления 1 и 0,5 мм)</p>	<p>1 10 300 500 1000</p>	<p>Погрешность линейки</p> <p>± 50 ± 100 ± 100 ± 150 ± 200</p>
  <p>Металлическими рулетками ГОСТ 7502-55 (цена деления 1 мм)</p> $D = \frac{L}{\pi} - t,$ <p>где D — определяемый диаметр; L — измеренная рулеткой длина окружности; t — толщина ленты рулетки</p>	<p>Диаметры</p> <p>1000 2000 3000 4000 5000 6000</p>	<p>Погрешность измерения диаметров методом опоясывания</p> <p>± 245 ± 330 ± 395 ± 540 ± 675 ± 810</p>
 <p>Металлическими лентами, методом опоясывания (цена деления 1 мм)</p> $D = \frac{L + a}{\pi},$ <p>где D — определяемый диаметр; L — длина ленты; a — величина зазора между концами ленты, замеренная щупом</p>		

Продолжение табл. 1

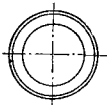
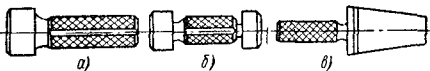
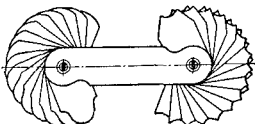
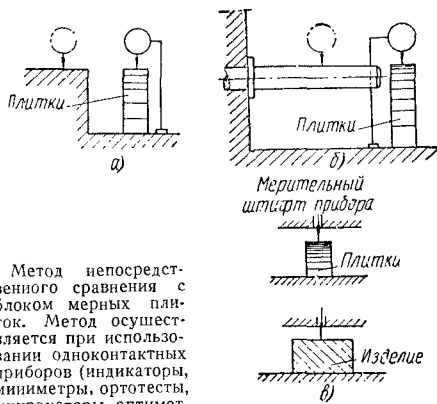
Методы, схемы измерения и характеристики измерительных средств	Предельные погрешности метода измерения и измерительных средств			
	Размеры в мм	Погрешности в мк		
С помощью инструментов с линейным нониусом				
 <p>Штангенциркулями ГОСТ 166-51 (пределы наружных измерений 0—4000 мм, внутренних 10—4000 мм*; цена деления штанги 1 мм; величина отсчета по нониусу 0,02, 0,05 и 0,1 мм)</p> <p>* 10 мм — ширина уступов губок для внутренних измерений.</p>	1—10 50—80 360—500 50—80 360—500	При отсчетах по нониусу		
		0,02	0,05	0,10
		Погрешности измерения наружных поверхностей		
		±40 ±45 ±70	±80 ±90 ±110	±150 ±160 ±230
		Погрешности измерения внутренних поверхностей		
±60 ±90	±140 ±150	±230 ±300		
 <p>Штангенглубиномерами ГОСТ 162-41 (предел измерения 0—500 мм; цена деления штанги 1 мм; величина отсчета по нониусу 0,02, 0,05 и 0,10 мм)</p>	1—10 50—80 360—500	Погрешности измерения глубины		
		При отсчетах по нониусу		
		0,02	0,05	0,10
		60 60 60	100 150 150	200 300 300
 <p>Штангенрейсмусами ГОСТ 164-52 (предел измерения 0—1000 мм; цена деления штанги 1 мм; величина отсчета по нониусу 0,02, 0,05 и 0,10 мм)</p>	200 300 500 800 1000	Погрешности штангенрейсмуса		
		При отсчетах по нониусу		
		0,02	0,05	0,10
		±20 ±30 ±40 — —	±50 ±50 ±50 — —	— ±100 ±100 ±100 ±100
С помощью микрометрических инструментов				
 <p>Микрометрами для наружных измерений ГОСТ 6307-53 (пределы измерения 0—1600 мм, при использовании передвижных или сменных пят могут быть увеличены; цена деления 0,01 мм)</p>	1—10 50—50 360—500 1—10 10—50	Погрешности измерения		
		±7 ±9 ±25		
		Для рычажных		
		±3 ±4		

Продолжение табл. 1

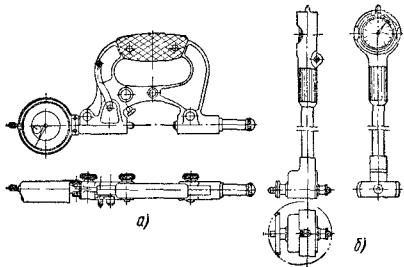
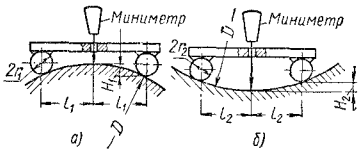
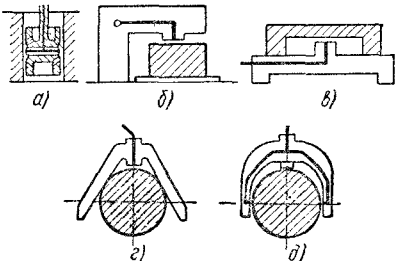
Методы, схемы измерения и характеристики измерительных средств	Предельные погрешности метода измерения и измерительных средств																	
	Размеры в мм	Погрешности в мк																
 <p>Микрометрическими нутромерами ГОСТ 10-51 (пределы измерения 75—4000 мм, при использовании удлинителей могут быть увеличены; цена деления 0,01 мм)</p>	80—120 180—260 360—500	Погрешности измерения ±20 ±35 ±40																
 <p>Микрометрическими глубиномерами ГОСТ 7470-55 (предел измерения 0—100 мм, при использовании сменных стержней могут быть увеличены; цена деления 0,01 мм)</p>	1—10 16—50 50—80	Погрешность измерения ±18 ±20 ±24																
С помощью концевых мер длины (плиток) ОСТ 85000-39																		
 <p>Измерение особо точных размеров (пределы измерения 0,03—1000 мм; интервал градаций 0,001—100 мм). Ряды основных номинальных размеров концевых мер</p> <table><tr><td>1—1,01</td><td>с градацией 0,001</td></tr><tr><td>1—1,5</td><td>" " 0,01</td></tr><tr><td>0,3—2</td><td>" " 0,10</td></tr><tr><td>0,5—10</td><td>" " 0,5</td></tr><tr><td>10—100</td><td>" " 10</td></tr><tr><td>100—200</td><td>" " 25</td></tr><tr><td>50—300</td><td>" " 50</td></tr><tr><td>100—1000</td><td>" " 100</td></tr></table>	1—1,01	с градацией 0,001	1—1,5	" " 0,01	0,3—2	" " 0,10	0,5—10	" " 0,5	10—100	" " 10	100—200	" " 25	50—300	" " 50	100—1000	" " 100	Класс плитки	Предельные отклонения средней длины
1—1,01	с градацией 0,001																	
1—1,5	" " 0,01																	
0,3—2	" " 0,10																	
0,5—10	" " 0,5																	
10—100	" " 10																	
100—200	" " 25																	
50—300	" " 50																	
100—1000	" " 100																	
	0	± (0,10 + 2 · 10 ⁻³ L)																
	1	± (0,2 + 3,5 · 10 ⁻³ L)																
	2	± (0,5 + 5 · 10 ⁻³ L)																
	3	± (1,0 + 10 · 10 ⁻³ L)																
	4	± 0,4—1,2 мк в зависимости от размера																
С помощью щупов	Размеры в мм	Предельные отклонения по толщине щупа																
		I класс II класс																
 <p>Предел измерения 0,03—1,0 мм; интервал градаций 0,01 мм</p>	От 0,03 до 0,03	+ 5 + 6																
	Св. 0,06 до 0,10	+ 6 + 10																
	Св. 0,10 до 0,18	+ 8 + 12																
	Св. 0,18 до 0,30	+ 9 + 14																
	Св. 0,30 до 0,05	+ 11 + 17																
	Св. 0,80 до 1,0	+ 15 + 25																
С помощью калибров-скоб*																		
 <p>а — предельная скоба; б — скоба для измерения больших диаметров; в — скоба для измерения больших длин</p>	1—10 10—50	Предельная погрешность измерения для рычажных скоб (ГОСТ 4731-53) с ценой деления 0,002 мм 3,0 3,5																
* Данный метод измерения позволяет выяснить, выполнен ли проверяемый размер в пределах допуска, сама же величина отклонения не выявляется.																		

* Данный метод измерения позволяет выяснить, выполнен ли проверяемый размер в пределах допуска, сама же величина отклонения не выявляется.

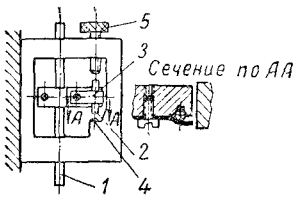
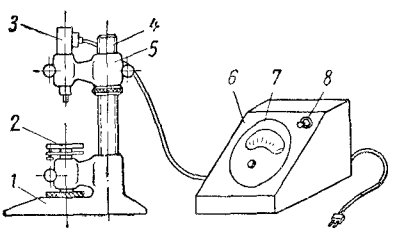
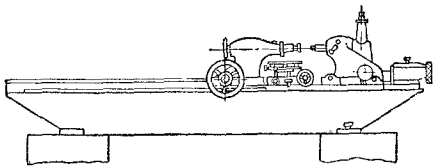
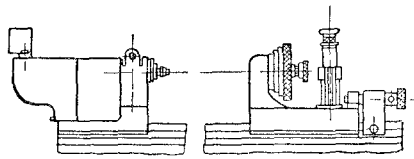
Продолжение табл. 1

Методы, схемы измерения и характеристики измерительных средств	Предельные погрешности метода измерения и измерительных средств									
	Размеры в мм	Погрешности в мк								
С помощью калибров-колец										
	—	—								
С помощью калибров-пробок										
 <p>а — нормальный калибр-пробка; б — предельный калибр-пробка; в — калибр-пробка для конических отверстий</p>	—	—								
 <p>С помощью радиусных шаблонов</p>	Размеры в мм	Предельные отклонения радиусов шаблонов								
		I класс	II класс							
	До 3	±20	±30							
	Св. 3 до 6	±25	±40							
	Св. 6 до 10	±30	±50							
	Св. 10 до 18	±35	±60							
	Св. 18 до 25	±40	±70							
Относительные методы измерения										
 <p>Метод непосредственного сравнения с блоком мерных плиток. Метод осуществляется при использовании одноконтактных приборов (индикаторы, миниметры, ортотесты, микрометры, оптиметры и т. п. приборы); а — измерение расстояния между плоскостями; б — измерение расстояния между плоскостью и осью отверстия; в — измерение высоты изделия</p>	Для индикатора часового типа ГОСТ 577-54 с ценой деления 0,01 мм а) В пределах указанного в аттестате участка шкалы: <table><tr><td>до 80</td><td>10</td></tr><tr><td>360—500</td><td>13</td></tr></table> б) В пределах оборота стрелки индикатора: <table><tr><td>до 80</td><td>15</td></tr><tr><td>360—500</td><td>16</td></tr></table>		до 80	10	360—500	13	до 80	15	360—500	16
до 80	10									
360—500	13									
до 80	15									
360—500	16									

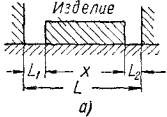
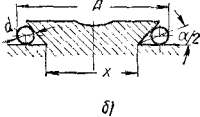
Продолжение табл. 1

Методы, схемы измерения и характеристики измерительных средств	Предельные погрешности метода измерения и измерительных средств	
	Размеры в мм	Погрешности в мк
С помощью двух- и трехконтактных приборов		
 <p>Скобы с микрометрическими и индикаторными головками, индикаторные нутромеры и т. д.; а — индикаторная скоба; б — индикаторный нутромер</p>	Для индикаторного нутромера ГОСТ 868-57 с ценой деления 0,01 мм:	
	1—10	±16
	50—80	±17
	360—500	±20
	Для скоб:	
	2000	±80
	3000	±115
	4000	±155
	5000	±190
	6000	±230
С помощью приспособления с миниметром		
 <p>а — измерение наружных диаметров</p> $D = \frac{l_1^2}{H_1} + H_1 - 2r_1;$ <p>б — измерение внутренних диаметров:</p> $D = \frac{l_2^2}{H_2} + H_2 + 2r_2$	Диаметры	
	1000	±50
	2000	±100
	3000	±230
	4000	±400
	5000	±630
	6000	±910
С помощью пневматических устройств		
 <p>При помощи пробок (а), скоб (б), глубиномеров (в), седлообразных приспособлений (г) и т. д.</p>		

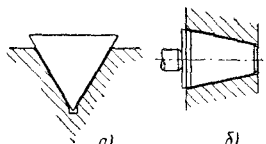
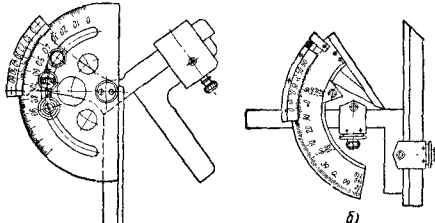
Продолжение табл. 1

Методы, схемы измерения и характеристики измерительных средств	Предельные погрешности метода измерения и измерительных средств	
	Размеры в мм	Погрешности в мк
С помощью электрических приборов для измерения размеров		
 <p>Электрическими приборами со световой сигнализацией: 1 — мерительный штифт; 2 — штифт; 3 — пружина плоская; 4 — контакт неподвижный; 5 — контакт регулируемый</p>	—	Предельные погрешности показаний прибора $\pm 1,0-2,0$
 <p>Электрическими приборами со шкальным отсчетом отклонений размеров: 1 — основание штатива; 2 — стол; 3 — датчик; 4 — стойка; 5 — кронштейн; 6 — пульт; 7 — показывающее устройство; 8 — переключатель диапазонов</p>	—	1% от предельного значения шкалы (цена деления шкалы)
С помощью измерительных машин		
 <p>Машины с концевыми мерами (сличение с концевыми мерами длины)</p>	1—10 50—80 360—500	Предельная погрешность измерений $\pm 1,0$ $\pm 1,5$ $\pm 4,0$ $\pm \left(0,5 + \frac{L}{130} \right)$, где L — измеряемый размер
 <p>Машины со штриховыми мерами (сличение со штриховой шкалой контактным методом и сличением с концевыми мерами)</p>	1—10 50—80 360—500 при L до 100 мм при L св. 100 мм	Предельная погрешность измерений $\pm 1,0$ $\pm 1,6$ $\pm 6,0$ $\pm \left(0,5 + \frac{L}{200} \right)$ $\pm \left(0,5 + \frac{L}{100} \right)$

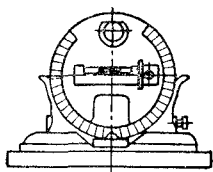
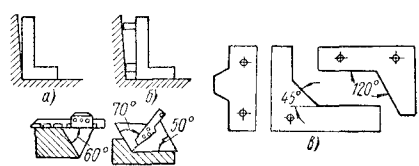
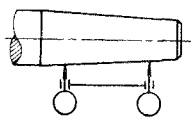
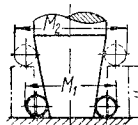
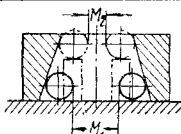
Продолжение табл. 1

Методы, схемы измерения и характеристики измерительных средств	Предельные погрешности метода измерения и измерительных средств	
	Размер в мм	Погрешности в мк
С помощью проектора		
Проверка главным образом сложных профилей	—	
Определение размера от вспомогательных баз или с использованием вспомогательных средств		
 а)	 б)	Для случая „а“
а) $x = L - (L_1 + L_2)$; б) $x = A - d \left(1 + \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} \right)$	2000 3000 4000 5000 6000	± 80 ± 100 ± 120 ± 145 ± 175

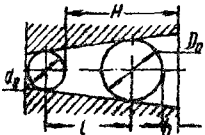
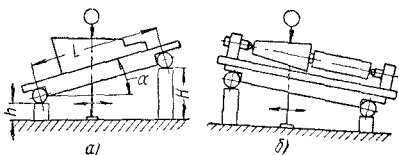
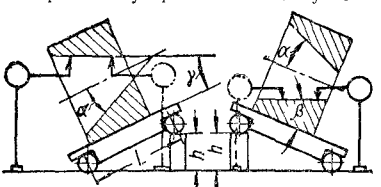
2. Методы проверки угловых размеров

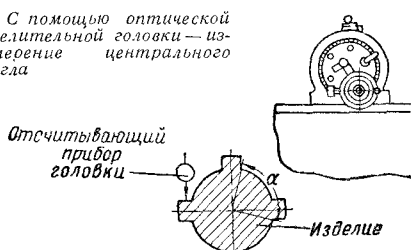
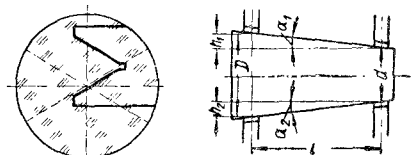
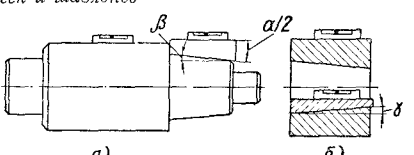
Методы, схемы измерения и характеристики измерительных средств	Предельные погрешности метода измерений или показаний	
	Размеры	Погрешности
<i>С помощью калибров на краску</i>		
 <p>О правильности угла конуса судят по равномерности распределения краски. Вместо калибра может быть взята сопрягаемая конусная деталь, тщательно выполненная: а — проверка V-образного паза; б — проверка конусного отверстия</p>	Для случая „б“	
	протяженность контакта в мм	предельная разность углов калибра (сопрягаемой детали) и измеряемого изделия в"
	20 30 50 70 100 130 200	± 140 ± 90 ± 60 ± 40 ± 28 ± 20 ± 14
<i>С помощью угломеров с нониусом</i>		
 <p>а — для проверки углов наружных поверхностей; б — для проверки углов наружных и внутренних (угломер Д. С. Семенова)</p>	При отсчете по нониусу	
	2' 5'	Предельная погрешность показаний угломера в пределах всего диапазона измерений $\pm 2'$ $\pm 5'$

Продолжение табл. 2

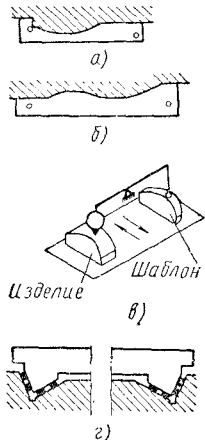
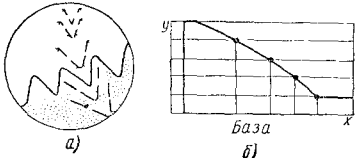
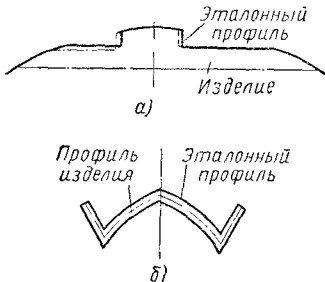
Методы, схемы измерения и характеристики измерительных средств	Предельные погрешности метода измерений или показаний																	
	Размеры	Погрешности																
<p align="center"><i>С помощью угломера с уровнем</i></p> 	—	Предельные отклонения цены деления уровня от намаркированного 20%																
<p align="center"><i>С помощью поверочных угольников, угловых шаблонов</i></p>  <p>С проверкой на просвет или с измерением зазоров при использовании мерных плиток, щупов или рычажных приборов: а — проверка угольником на просвет; б — проверка угольником и плитками; в — проверка угловыми шаблонами</p>	<p>Для угольников (по ГОСТ 3749-47)</p> $\pm \delta a + \frac{\Delta h \cdot 3438}{l},$ <p>где Δh — погрешность определения зазора; l — длина стороны угла, по которой производится проверка</p> <p>При измерении с помощью образцовых мер методом оценки размера световой щели</p> <table><tr><th>Протяженность контакта в мм</th><th>Предельная погрешность в сек.</th></tr><tr><td>10</td><td>± 40</td></tr><tr><td>20</td><td>± 20</td></tr><tr><td>30</td><td>± 13</td></tr><tr><td>50</td><td>± 8</td></tr><tr><td>70</td><td>± 6</td></tr><tr><td>100</td><td>± 4</td></tr><tr><td>200</td><td>± 2</td></tr></table> <p>Для угловых мер (ГОСТ 2875-45) 1-го и 2-го классов точности</p> $\pm 15'' + \delta a'',$ <p>где $\delta a''$ — погрешность угловых плиток</p>	Протяженность контакта в мм	Предельная погрешность в сек.	10	± 40	20	± 20	30	± 13	50	± 8	70	± 6	100	± 4	200	± 2	
Протяженность контакта в мм	Предельная погрешность в сек.																	
10	± 40																	
20	± 20																	
30	± 13																	
50	± 8																	
70	± 6																	
100	± 4																	
200	± 2																	
 <p><i>С помощью специального приспособления с двумя индикаторами или миниметрами (проверка наружных конусов).</i></p> <p>Два индикатора (миниметра) укрепляются в штативах приспособления на определенном расстоянии друг от друга, после чего они настраиваются на определенный угол конуса с помощью плиток или эталонов. Погрешность угла у измеряемой детали определяется разностью показаний приборов.</p>	—	—																
 <p><i>С помощью мерных плиток и точных роликов (проверка наружных конусов)</i></p> <p>Проверяемое изделие устанавливают на поверочную плиту так, чтобы больший диаметр был сверху. С помощью роликов измеряют диаметры конуса; заданное расстояние между проверяемыми сечениями выдерживают с помощью блока мерных плиток. Угол α определяется из соотношения</p> $\operatorname{tg} \alpha = \frac{M_2 - M_1}{2H},$ <p>где α — угол уклона наружного конуса</p>	—	—																
 <p><i>С помощью мерных плиток и точных шариков (проверка внутренних поверхностей)</i></p> <p>Метод проверки аналогичен предыдущему. Проверка производится при расположении большего размера (диаметра) внизу</p>	—	—																

Продолжение табл. 2


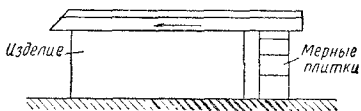
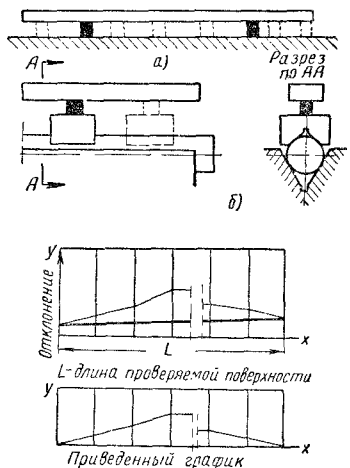
Методы, схемы измерения и характеристики измерительных средств	Предельные погрешности метода измерений или показаний																												
	Размеры	Погрешности																											
<div></div> <p>С помощью двух точных шариков или роликов и глубиномера (проверка внутренних поверхностей)</p> <p>В проверяемое отверстие (паз) вставляют два шарика (ролика) заданного диаметра. С помощью глубиномера или компаратора измеряют расстояния шариков до базовой плоскости или между собой. Угол α определяется из соотношения</p> $\sin \alpha = \frac{D_0 - d_0}{2l},$ <p>где α — угол уклона внутреннего конуса;</p> $l = H - h - \frac{D_0 - d_0}{2}$	<p>Для шариков с точностью аттестации 0,002 мм и индикаторного глубиномера по ГОСТ 7661-55 с ценой деления 0,01 мм:</p> <p>Расстояние между центрами шариков в мм</p> <table><tr><td>50</td><td>±8</td></tr><tr><td>70</td><td>±6</td></tr><tr><td>100</td><td>±4</td></tr><tr><td>130</td><td>±3</td></tr><tr><td>200</td><td>±2</td></tr></table>	50	±8	70	±6	100	±4	130	±3	200	±2	<p>Погрешность измерения отверстия с погрешностью $k=0,05$ в сек.</p>																	
50	±8																												
70	±6																												
100	±4																												
130	±3																												
200	±2																												
<p>С помощью синусной линейки (куба), мерных плиток, индикатора или миниметра</p> <p>Проверка наружных поверхностей</p> <div></div> <p>Проверяемое изделие укрепляется на синусной линейке (кубе) так, чтобы базовая плоскость (или ось 1) была параллельна плоскости синусной линейки (одной из плоскостей куба). Под опоры линейки (куба) подкладывают блок мерных плиток так, чтобы вторая проверяемая поверхность (образующая, ось 2 или 3) располагалась параллельно поверочной плите. Мерительный штифт прибора касается проверяемой поверхности (образующей оправки); в двух заданных сечениях показания прибора должны быть одинаковыми. Угол α определяется отношением высоты блока мерных плиток к расстоянию между опорами синусной линейки (куба)</p> $\sin \alpha = \frac{H - h}{L}, \quad \text{а угол } \beta = 90^\circ + \alpha$ <p>Проверка внутренних конусов</p> <div></div>	<p>При измерении наружных углов с помощью синусной линейки с расстоянием между осями роликов 200 мм (по ГОСТ 4046-48), миниметра по ОСТ НКМ 20102</p> <p>Измеряемые углы в°: при длине измеряемого угла в мм</p> <table><tr><td>0—15</td><td>±15—6</td><td>±5</td></tr><tr><td>30</td><td>±15—7</td><td>±6</td></tr><tr><td>45</td><td>±16—8</td><td>±8</td></tr><tr><td>60</td><td>±18—12</td><td>±12</td></tr><tr><td>80</td><td>±35</td><td>±35</td></tr></table>	0—15	±15—6	±5	30	±15—7	±6	45	±16—8	±8	60	±18—12	±12	80	±35	±35	<table><tr><th>до 50</th><th>св. 50</th></tr><tr><td>±15—6</td><td>±5</td></tr><tr><td>±15—7</td><td>±6</td></tr><tr><td>±16—8</td><td>±8</td></tr><tr><td>±18—12</td><td>±12</td></tr><tr><td>±35</td><td>±35</td></tr></table>	до 50	св. 50	±15—6	±5	±15—7	±6	±16—8	±8	±18—12	±12	±35	±35
0—15	±15—6	±5																											
30	±15—7	±6																											
45	±16—8	±8																											
60	±18—12	±12																											
80	±35	±35																											
до 50	св. 50																												
±15—6	±5																												
±15—7	±6																												
±16—8	±8																												
±18—12	±12																												
±35	±35																												
<p>При проверке внутренних конусов проверяется разность показаний прибора при последовательном определении положений образующих конуса (верхней и нижней) к поверочной плите; первая из образующих устанавливается параллельно ей с помощью блока мерных плиток, а положение второй определяется тем же блоком мерных плиток: $\sin \alpha = \frac{h}{L}$; $h = L \sin \alpha$; $2\alpha = \beta + \gamma$; $\Delta 2\alpha = \Delta \gamma + \Delta \beta$.</p> <p>Мерительный штифт прибора снабжается устройством для проверки по внутренней образующей. Измерение производится с двух сторон конусного отверстия</p>																													

Методы, схемы измерения и характеристики измерительных средств		Предельные погрешности метода измерений или показаний	
		Размеры	Погрешности
<p>С помощью оптической делительной головки — измерение центрального угла</p> 		<p>Для головки модели ОДГ (МВ) с ценой деления шкалы лимбов 1° и дополнительной шкалы 1"</p> <p>При отсчетном приборе с ценой деления 0,001 мм</p>	
		± 20" (при условии исключения влияния эксцентриситета шкалы и центра головки)	
<p>С помощью микроскопа</p> 		<p>Для инструментального микроскопа с ценой деления шкалы микрометров 0,01 мм и шкалы угломера 1'</p> <p>При проверке углов с длиной стороны св. 0,5 мм</p> <p>± (3 + 3/l), l — длина стороны</p>	
		$\frac{h}{H} \left(\frac{0,005}{h} + \frac{0,005}{H} \right) 3500$, где h и H — наименьший и наибольший катеты, a — длина стороны в пределах допуска	
<p>а) Методом сличения с эталонным профилем, нанесенным на штриховом экране угломерной головки микроскопа.</p> <p>б) Координатным методом на универсальном микроскопе с помощью измерительных ножей:</p> $k = \frac{D-d}{l} = \frac{h_1+h_2}{l},$ <p>где k — конусность</p>		<p>Для универсального микроскопа с ценой деления продольной и поперечной шкал 0,001 мм и нониуса угломера 1'. Координатный метод</p>	
		Длина образующей конуса в мм	Предельные погрешности величины измеряемого угла
			0—45° св. 45 до 90°
		10 20 30 50 70 100 200	± 130" ± 60" ± 40" ± 25" ± 20" ± 15" ± 7"
			± 100" ± 40" ± 30" ± 20" ± 15" ± 10" ± 5"
<p>С помощью уровня с использованием поверочных линеек и шаблонов</p> 			
<p>а) проверка наружных конусов</p> <p>б) проверка внутренних конусов</p>			

3. Методы проверки фасонных поверхностей

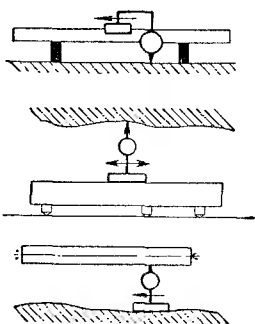
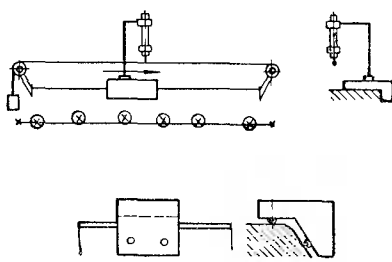
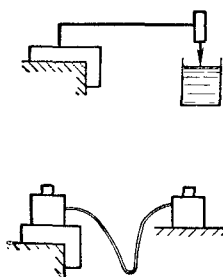
Метод измерения	Схема измерения
<p><i>С помощью шаблонов</i></p> <p>Погрешность определяется разностью расстояний между проверяемой поверхностью и шаблоном посредством оценки на просвет, шупами или рычажными приборами на специальных приспособлениях. При контроле соответствия профилей двух сопрягаемых тяжелых деталей (типа столов, плашайб) проверка может производиться с использованием свинцовых пластинок или проволоки; по степени сплющивания пластинок определяют величину отклонений.</p> <p>а и б — проверка шаблонами на просвет; в — схема проверки рычажным прибором; г — проверка при помощи свинцовых пластинок или проволоки</p>	
<p><i>С помощью микроскопа</i></p> <p>Проверяемое изделие укрепляется на столе микроскопа между центрами, в призмах или в специальном приспособлении.</p> <p>При измерении методом сравнения с эталонным профилем, нанесенным на штриховом экране оптической головки микроскопа, проверяемое изделие совмещают измеряемым профилем с этим изображением (схема а). Если одна из границ не совпадает с эталонным профилем, то путем отсчетных устройств микроскопа находят угловые и линейные погрешности проверяемого профиля.</p> <p>При использовании метода координат (схема б) у изделия проверяют размеры, расположение поверхностей, осей и тому подобные элементы. Проверка производится путем линейных и угловых отсчетных устройств</p>	
<p><i>С помощью проекторов</i></p> <p>Проверяемый профиль изделия в увеличенном масштабе проектируется на экран проектора.</p> <p>Погрешность проверяемого профиля определяется:</p> <p>а — сравнением спроектированного профиля с эталонным профилем, нанесенным на экране проектора в соответствующем масштабе; погрешность определяется с помощью линейных и угловых шкал, нанесенных на экран, или с помощью отсчетных устройств для перемещения стола проектора;</p> <p>б — сравнением профиля изделия с двумя эталонными профилями, вычерченными по предельным размерам изделия</p>	
<p><i>С помощью слепков</i></p> <p>С проверяемой поверхности делается слепок. Отклонения от формы и размеров определяются контролем профилей различных сечений слепков</p>	

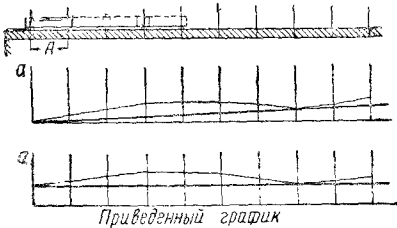
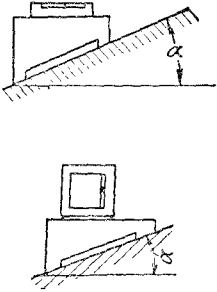
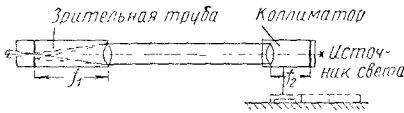
4. Методы проверки точности геометрических форм поверхностей

Метод измерения	Схема измерения
<p align="center">Прямолинейность поверхности</p> <p>(Погрешность определяется наибольшим отклонением от прямой линии, проведенной через две выступающие точки ² профиля сечения проверяемой поверхности, образованного плоскостью, проведенной в заданном направлении, и перпендикулярной к этой поверхности в какой-либо точке профиля)</p>	
<p><i>С помощью линейки на просвет</i></p> <p>К проверяемой поверхности в заданном направлении прикладывается лекальная линейка своим ребром. Погрешность определяется наибольшей величиной просвета. Метод применим для проверки коротких поверхностей</p>	
<p><i>Метод следа.</i> К проверяемой поверхности в заданном направлении прикладывается лекальная линейка своим ребром. Осуществляя небольшой нажим на линейку, ей сообщают при этом перемещение вдоль проверяемой поверхности, после чего на поверхности остается след.</p> <p>При дополнительном использовании концевых мер длины можно установить величины погрешности. Метод применим для проверки коротких доведенных поверхностей</p>	
<p><i>С помощью линейки и мерных плиток (или щупа)</i></p> <p>На проверяемой поверхности в заданном направлении устанавливается поверочная линейка на двух мерных плитках (концевых мерах длины) одинаковой высоты, расположенных в точках наименьшего прогиба линейки ($\sim \text{на } \frac{2}{9} L'$ от концов линейки, где L' — длина линейки). Плитками (и щупом) проверяют просвет между проверяемой поверхностью и нижней гранью линейки.</p> <p>При проверке следа пересечения поверхностей используются соответствующей формы мостики и установочные средства (см. на схеме а и б).</p> <p>По полученным показаниям строится график формы профиля сечения и по нему приведенный график.</p> <p>Метод применим для проверки поверхностей длиной не более 1500 мм</p>	 <p>а) Установка линейки на мерных плитках.</p> <p>б) Разрез по АА.</p> <p>в) График отклонения: По вертикальной оси — Отклонение, по горизонтальной — x. Длина проверяемой поверхности L.</p> <p>г) Приведенный график: По вертикальной оси — y, по горизонтальной — x.</p>




* Прямая линия проводится через две наиболее удаленные выступающие точки профиля сечения.

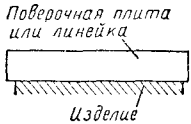
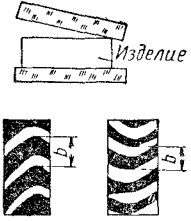

Продолжение табл. 4

Метод измерения	Схема измерения
<p>С помощью струны (миниметра) и плоской поверхности (или прямой линии)</p> <p>На проверяемую поверхность в заданном направлении устанавливается поперочная линейка на двух мерных плитках одинаковой высоты, расположенных в точках наименьшего прогиба линейки. По линейке перемещается ползун с индикатором (миниметром), мерительный штифт которого касается проверяемой поверхности.</p> <p>По показаниям индикатора определяют профиль сечения.</p> <p>Метод применим для проверки поверхностей длиной не более 1500 мм.</p> <p>Измерение может быть произведено от поперочной плиты или от оправки, расположенной рядом с проверяемой поверхностью и выставленной параллельно ей</p>	
<p>С помощью индикатора и микроскопа</p> <p>Стальная проволока диаметром не более 0,3 мм натягивается приблизительно параллельно проверяемой поверхности в заданном направлении (ее концы равно отстоят от проверяемой поверхности). По проверяемой поверхности в заданном направлении перемещается ползун с микроскопом, штриховая линия пластинки окуляра по концам проволоки совмещена с одной из ее боковых образующих.</p> <p>Определяют положение точек линии сечения поверхности по отношению к боковой образующей проволоки.</p> <p>Метод применим для проверки вертикальных поверхностей длиной свыше 1500 мм.</p> <p>Для проверки наклонных поверхностей используется специальный мостик со смещенными опорами</p>	
<p>По уровню жидкости</p> <p>Жидкость помещается в желобе, расположенном вдоль проверяемой поверхности. По проверяемой поверхности в заданном направлении перемещается ползун с устройством, снабженным прибором для измерения вертикальных перемещений (микрометрический, рычажный прибор и т. п.), мерительный штифт которого касается уровня жидкости.</p> <p>В случае проверки прямолинейности направляющих возможно использовать V-образные направляющие в качестве резервуара для жидкости с соответствующей заделкой их концов. Мерительный штифт прибора должен иметь форму, обеспечивающую наименьшее сцепление с жидкостью.</p> <p>Проверка может производиться с помощью гидростатической головки, соединенной по принципу сообщающихся сосудов с аналогичной головкой, помещенной рядом.</p> <p>В обоих случаях по показаниям приборов определяют профиль сечения.</p> <p>Примечание. При проверке особо длинных поверхностей (более 10 м) следует учитывать стрелу прогиба уровня жидкости</p>	

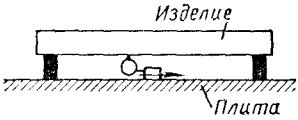
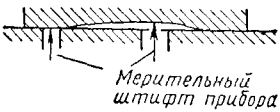
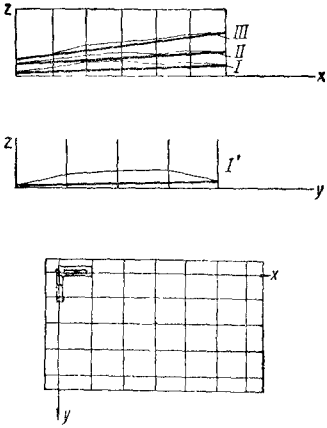
Метод измерения	Схема измерения
<p><i>С помощью уровня</i></p> <p>На проверяемую поверхность на линейке с подложенными под нее одинаковой высоты мерными плитками устанавливается уровень. Расстояние между опорами не должно превышать $\frac{1}{10}$ длины проверяемой поверхности. С помощью уровня измеряется поочередно наклон каждого участка профиля сечения проверяемой поверхности. По показаниям уровня строится график формы профиля сечения. Через две наиболее удаленные выступающие точки профиля сечения проводится прямая линия, определяющая общее направление линии профиля сечения. В соответствии с этим графиком строится приведенный график, в котором указанная прямая линия совмещается с осью абсцисс, а ординаты точек линии сечения находятся из данных основного графика.</p> <p>Погрешность определяется наибольшей ординатой.</p> <p>Для подсчета линейных отклонений пользуются зависимостью</p>	
<p>$h = A a_{\text{нб}},$</p> <p>где A — расстояние между опорами уровня; r — цена деления уровня; $a_{\text{нб}}$ — наибольшая угловая ордината от исходной прямой.</p> <p>Для проверки наклонных поверхностей используется специальный мостик со смещенными на угол α опорами. Угол α равен углу наклона поверхности в данном направлении относительно горизонтальной плоскости. Для проверки следа пересечения поверхностей используется ролик (призма и т. д.), на который устанавливается уровень.</p> <p>Для проверки вертикальных поверхностей используется рамный уровень; в случае их наклона дополнительно используется специальный мостик со смещенными на угол α_1 опорами. Угол α_1 равен углу наклона поверхности в заданном направлении относительно вертикальной плоскости.</p>	
<p><i>С помощью коллиматора и зрительной трубы</i></p> <p>Коллиматор устанавливается на проверяемой поверхности в заданном направлении. Рядом неподвижно устанавливают зрительную трубу, посредством которой производят наблюдения за коллиматором. Объективы коллиматора и зрительной трубы расположены так, что в начале и в конце измеряемого сечения поверхности на заданной длине пучок света, исходящий из коллиматора, пересекает в одном и том же месте штриховую пластинку зрительной трубы. В случае углового смещения коллиматора от выбранного направления произойдет смещение изображения штрихов штриховой пластинки коллиматора по отношению к штрихам пластинки зрительной трубы.</p> <p>Величина смещения штрихов определяется из соотношения</p> <p>$\Delta s = f_1 \theta,$</p> <p>где f_1 — фокусное расстояние объектива зрительной трубы; θ — угол относительного смещения оптических осей зрительной трубы и коллиматора.</p>	

Продолжение табл. 4

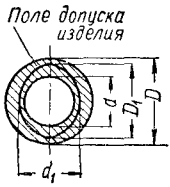
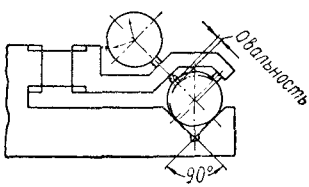
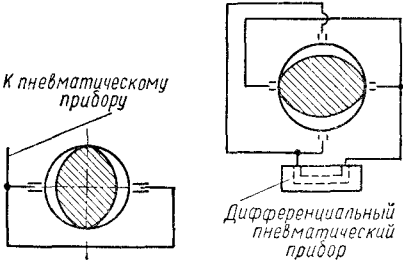
Метод измерения	Схема измерения
<p>По величине смещения штрихов можно определить величину наклона каждого участка линии сечения проверяемой поверхности к исходной прямой.</p> <p>Труба снабжается окуляр-микроскопом, с помощью которого определяется величина смещения. При дополнительной градуировке барабана окуляр-микроскопа в угловых величинах возможен непосредственный замер угловых отклонений.</p> <p>По полученным показаниям строится график, и дальнейшая обработка результатов замера проводится аналогично проверке по уровню.</p> <p>Метод применим для проверки поверхностей длиной свыше 1500 мм.</p>	
<p><i>С помощью автоколлиматора</i></p> <p>На проверяемой поверхности вместо коллиматора устанавливается ползушка с плоским зеркалом, отражающим пучок света, посылаемый коллимационным устройством. Зеркало и объектив коллимационного устройства расположены так, что в начале и в конце проверяемой поверхности пучок света пересекает в одном и том же месте штриховую пластинку прибора.</p> <p>Измерение производится от участка к участку.</p> <p>В случае углового смещения зеркала от выбранного направления произойдет смещение изображения на Δs, которое определяется из соотношения</p> $\Delta s \approx 2f \theta,$ <p>где f — фокусное расстояние объектива прибора, θ — искомый угол смещения зеркала.</p> <p>Величина смещения определяется с помощью окуляр-микроскопа, которым снабжается прибор.</p> <p>По замеренной величине углового положения участка определяется угол θ.</p> <p>По полученным угловым показаниям строится график, и дальнейшая обработка результатов замеров производится аналогично проверке по уровню.</p>	
<p><i>С помощью теодолита и коллиматора</i></p> <p>Коллиматор устанавливается на проверяемой поверхности, рядом с ним устанавливается теодолит, который используется как зрительная труба. Проверка осуществляется аналогично предыдущим проверкам.</p> <p>Угловые смещения участков проверяемой поверхности находятся непосредственно с помощью угловой шкалы теодолита.</p>	

Метод измерения	Схема измерения
<p align="center">Плоскостность поверхности</p> <p>(Погрешность определяется наибольшим отклонением проверяемой поверхности от плоскости, проведенной через три выступающие точки поверхности или через одну обусловленную)</p>	
<p><i>С помощью проверочных плит или линейек на краску</i></p> <p>Контрольная поверхность плиты или линейки покрывается тонким слоем краски, после чего плиту (линейку) кладут на проверяемую поверхность контрольной стороной. Плите (линейке) сообщают возвратно-поступательное перемещение. После снятия плиты (линейки) определяют количество пятен на проверяемой поверхности. По количеству пятен в квадрате со стороной 25 мм устанавливают качество обработки проверяемой поверхности.</p> <p>Метод применим для проверки поверхностей площадью до 1000 × 2000 мм</p>	 <p>Поверхностная плита или линейка</p> <p>Изделие</p>
<p><i>С помощью технического интерференционного метода</i></p> <p>На иную стеклянную пластину кладется проверяемое изделие, предварительно тщательно очищенное от масла, пыли и других загрязнений. Изделие притирают к пластине. На верхнюю (проверяемую) поверхность изделия кладут верхнюю стеклянную пластину, которую немного наклоняют так, чтобы между пластиной и проверяемой поверхностью был воздушный клиновидный зазор. Освещая пластину пучком света (желательно одноцветным, например, зеленым) и наблюдая за проверяемой поверхностью, можно увидеть чередование светлых и темных полос. По форме и направленности полос определяют отклонение поверхности от плоскости. Погрешность определяется наибольшей величиной кривизны полосы, выраженной в долях величины ширины полосы, равной 0,5λ (λ — длина световой волны).</p> <p><i>Пример.</i> Замеренная величина кривизны f равна 0,6<i>b</i>; ширина полосы $b = 0,5λ$. Кривизна h определяется $h = 0,6 \frac{λ}{2} = \frac{0,6 \cdot 0,5}{2} = 0,15 \text{ мк}$.</p> <p>Метод применим для проверки доведенных поверхностей длиной до 80–100 мм</p>	 <p>Выпуклость Вогнутость</p>
<p><i>С помощью линейки, мерных плиток и щупа</i></p> <p>Проверка производится аналогично проверке прямолинейности поверхности (см. стр. 584). Измерение производится в различных направлениях по проверяемой поверхности при перестановке линейки. На проверяемой поверхности в трех точках помещаются одинаковой высоты мерные плитки. На них поочередно устанавливается линейка, причем одна из плиток принимается за базовую. С помощью плиток (и щупа) определяется положение промежуточных точек. Для определения положения остальных точек поверхности в найденных точках устанавливают плитки (блок плиток) такой высоты, чтобы верхняя их поверхность оказалась в плоскости, определенной тремя основными плитками. Устанавливая затем линейку на две из указанных плиток, находят положение промежуточных точек.</p> <p>Метод применим для поверхностей длиной до 1500 мм</p>	

Продолжение табл. 4

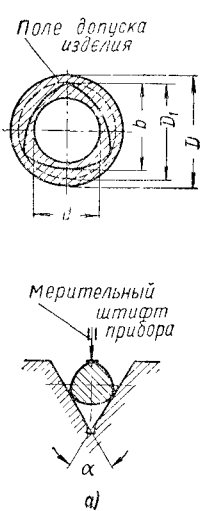
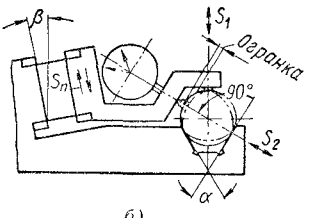
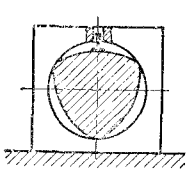
Метод измерения	Схема измерения
<p>С помощью индикатора (миниметра) и плоской поверхности поверочной плиты или линейки</p> <p>Проверка производится аналогично проверке прямолинейности поверхности (см. стр. 585).</p> <p>Мерительный штифт прибора касается проверяемой поверхности. Измерение производится при перемещении стойки прибора по поверочной линейке или плите в продольном и поперечном направлениях. Погрешность определяется наибольшей ординатой точек проверяемой поверхности до контрольной плоскости (при учете расположения этой плоскости к проверяемой поверхности). В особых случаях погрешность определяется графически путем построения профиля каждого из сечений по результатам показаний прибора и сопоставления между собой этих профилей (подробнее о графиках см. ниже, при описании измерения с помощью уровня)</p>	 <p>Изделие</p> <p>Плита</p>
<p>С помощью глубиномеров</p>	 <p>Мерительный штифт прибора</p>
<p>С помощью уровня</p> <p>Проверка производится аналогично проверке прямолинейности поверхности (см. стр. 586). Измерение производится в продольном и поперечном направлениях проверяемой поверхности в различных сечениях (I, II, III и т. д.), количество которых должно быть достаточным для выявления отклонений от плоскостности. В каждом из сечений производится определение формы профиля сечения с построением графиков.</p> <p>Для каждого направления измерения строится объединенный график, на котором изображаются профили сечений (график их формы) с учетом относительного расположения исходных точек профилей по отношению к одной из линий профилей, принимаемой за исходную. В особых случаях строится пространственный график с объединением на нем результатов замеров в продольном и поперечном направлениях.</p> <p>Погрешность определяется наибольшей ординатой проверяемой поверхности до прямой линии, принятой за исходную для каждого из направлений сечений. При пространственном построении изображения поверхности определяется ордината до исходной плоскости</p>	 <p>z</p> <p>x</p> <p>III</p> <p>II</p> <p>I</p> <p>z</p> <p>y</p> <p>I'</p>

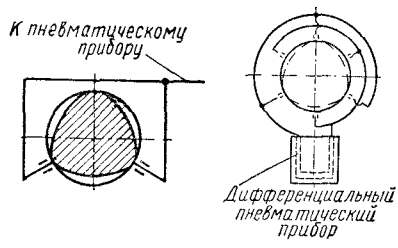
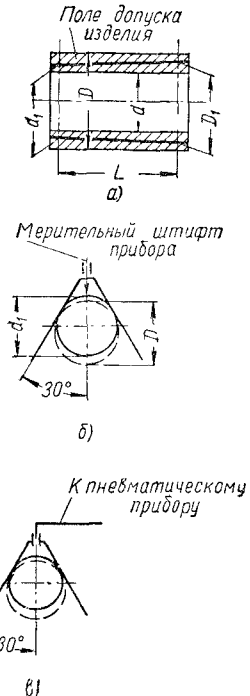
5. Методы проверки точности геометрических форм цилиндрических поверхностей

Метод измерения	Схема измерения
<p align="center">Проверка на овальность</p> <p>(Овальность определяется разностью между наибольшим и наименьшим диаметрами в одном поперечном сечении)</p>	
<p>С помощью методов и средств для измерения диаметров (см. стр. 573—579). $D - d = \delta$ (δ — допуск), $D_1 - d_1 = u$ (u — овальность).</p>	
<p>С помощью индикатора (миниметра) и призмы. Проверяемое изделие (вал) располагается между призмой, мерительным штифтом прибора и упором, закрепленным в штативе, перемещающемся под углом по отношению к бессекторной плоскости. Мерительный штифт прибора располагается в направлении, перпендикулярном к одной из рабочих поверхностей призмы. Изделие поворачивают на 360°. Погрешность определяется наибольшей разностью показаний прибора</p>	
<p>С помощью пневматических приспособлений с последующими подсчетами для определения погрешностей.</p>	

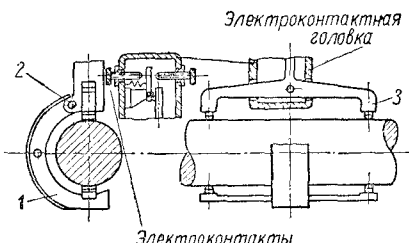
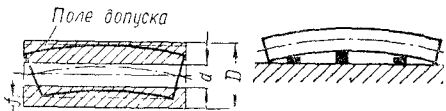
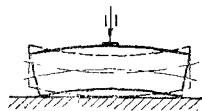
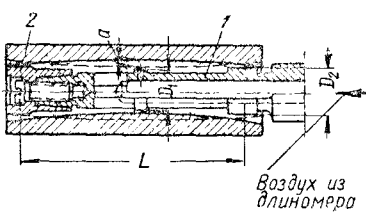
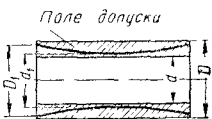
Примечание. Приведенные методы измерения позволяют определить величину овальности. Имеется ряд других производственных методов и средств контроля, в частности, позволяющих определить, не выходит ли величина погрешности за пределы допуска диаметра рассматриваемого сечения.

Продолжение табл. 5

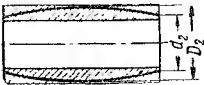
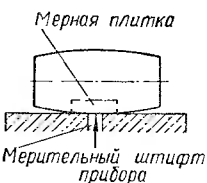
Метод измерения	Схема измерения										
<p align="center">Проверка на огранку</p> <p>(огранка — колебание радиуса кривизны контура поперечного сечения, определяемое разностью между диаметром и расстоянием между двумя параллельными плоскостями, касательными к этой поверхности)</p>											
<p>С помощью индикатора (миниметра) и призмы</p> <p>Проверяемое изделие (вал) располагается:</p> <p>а) между призмой и мерительным штифтом прибора или б) между призмой, материальным штифтом прибора и упором, закрепленным в штативе, перемещающемся под углом β по отношению к биссекторной плоскости.</p> <p>Мерительный штифт прибора располагается: для случая а в направлении биссектрисы угла призмы, для случая б — в направлении, перпендикулярном к одной из рабочих поверхностей призмы. Изделие поворачивают на 360°.</p> <p>В случае а</p> $D - d = \delta,$ <p>где δ — допуск;</p> $D_1 - b = u_1,$ <p>где u_1 — огранка; $u_1 < \delta$;</p> <p>в случае б</p> $\alpha = 180^\circ - \frac{360^\circ}{n},$ <p>где n — число граней</p>	 <p>а)</p>  <p>б)</p>										
<table border="1"> <tr> <td>n</td><td>3</td><td>5</td><td>7</td><td>9</td></tr> <tr> <td>u_1</td><td>$\frac{1}{3A}$</td><td>$\sim 10A$</td><td>$\sim \frac{10}{27A}$</td><td>$\frac{1}{3A}$</td></tr> </table> <p>где A — разность показаний прибора.</p>	n	3	5	7	9	u_1	$\frac{1}{3A}$	$\sim 10A$	$\sim \frac{10}{27A}$	$\frac{1}{3A}$	
n	3	5	7	9							
u_1	$\frac{1}{3A}$	$\sim 10A$	$\sim \frac{10}{27A}$	$\frac{1}{3A}$							
<table border="1"> <tr> <td>n</td><td>3</td><td>5</td><td>7</td><td>9</td></tr> <tr> <td>Угол β</td><td>$10^\circ 53'$</td><td>$8^\circ 20'$</td><td>$6^\circ 12'$</td><td>$4^\circ 50'$</td></tr> </table>	n	3	5	7	9	Угол β	$10^\circ 53'$	$8^\circ 20'$	$6^\circ 12'$	$4^\circ 50'$	
n	3	5	7	9							
Угол β	$10^\circ 53'$	$8^\circ 20'$	$6^\circ 12'$	$4^\circ 50'$							
<p>Погрешность определяется: в первом случае (а) по разности показаний прибора с учетом угла призмы α, количества граней у проверяемого изделия и расположения центров кривизны контура поперечного сечения, во втором случае (б) — наибольшей разностью показаний прибора</p>											
<p>С помощью индикатора (миниметра) и проходного калибра-кольца</p> <p>Проверяемое изделие (вал) вставляется в проходной калибр-кольцо, имеющий радиальное отверстие под мерительный штифт прибора. Мерительный штифт проходит через это отверстие и касается проверяемой поверхности.</p> <p>Изделие поворачивают на 360°.</p> <p>Погрешность определяется наибольшей разностью показаний прибора</p>											

Метод измерения	Схема измерения
<p>С помощью пневматических приспособлений с последующими подсчетами для определения погрешности</p>	<p>К пневматическому прибору</p>  <p>Дифференциальный пневматический прибор</p>
<p>С помощью электрических приспособлений</p>	<p>—</p>
<p align="center">Проверка на конусность</p>	
<p>(конусность — отношение разности диаметров в двух поперечных сечениях цилиндрической поверхности к расстоянию между этими сечениями)</p>	
<p>С помощью методов и средств для измерения диаметров (см. стр. 573—579)</p> <p>а) $D - d = \delta$, где δ — допуск; $\frac{D_1 - d_1}{L} = u_1$ где u_1 — конусность.</p> <p>б) Измерение диаметров в заданных сечениях с помощью седлообразного приспособления с механическим отсчетом, в) то же с помощью приспособления с пневматическим отсчетом</p>	 <p>Поле допуска изделия</p> <p>а)</p> <p>Мерительный штифт прибора</p> <p>б)</p> <p>К пневматическому прибору</p> <p>в)</p>
<p>С помощью методов и средств для измерения конусных поверхностей (см. стр. 580—582)</p>	<p>—</p>

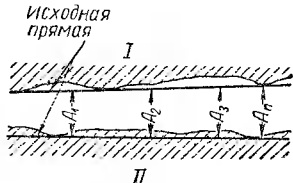
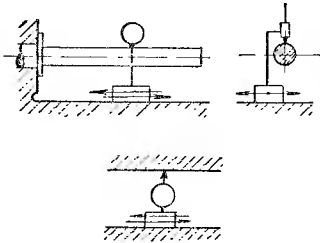
Продолжение табл. 5

Метод измерения	Схема измерения
<p>С помощью специального приспособления с электроконтактными головками</p> <p>Проверяемое изделие помещают между двумя скобами 1 приспособления, свободно посаженными на оси 2. Измерительная планка 3 соединена посредством рычага с электроконтактами. Прибор настраивается на определенную (предельную) величину конусности, при наличии которой у изделия происходит замыкание контактов 3.</p> <p>Повертываясь вокруг оси 2, скоба обеспечивает правильность показания при изменении диаметров</p>	
<p align="center">Проверка на изогнутость</p> <p>(изогнутость определяется как прогиб оси цилиндрической поверхности или ее образующей)</p>	
<p>С помощью методов и средств для измерения прямолинейности поверхности в заданном направлении (см. стр. 584—585)</p>	
<p>С помощью индикатора (миниметра) или глубиномера</p> <p>Мерительный штифт прибора касается образующей проверяемого изделия (вала), положенного на поверочную плиту. Изделие поворачивают на 360°. Погрешность определяется наибольшей разностью показаний прибора</p>	
<p>С помощью специального пневматического приспособления</p> <p>В проверяемое отверстие вставляется калибр-пробка 1 и наконечник 2. Изделие поворачивают на 360°. Погрешность определяется разностью показаний отсчетного устройства.</p>	
<p align="center">Проверка на вогнутость</p> <p>(вогнутость — половина разности наибольшего диаметра крайних поперечных сечений и наименьшего диаметра среднего поперечного сечения)</p>	
<p>С помощью методов и средств для измерения диаметров и линейных размеров (см. стр. 573—579)</p>	

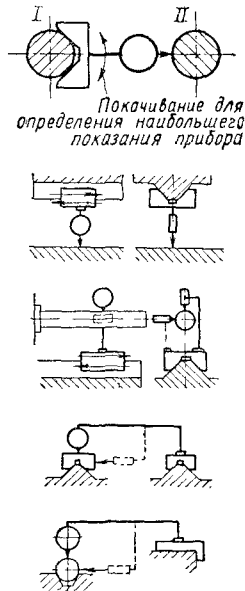
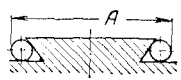
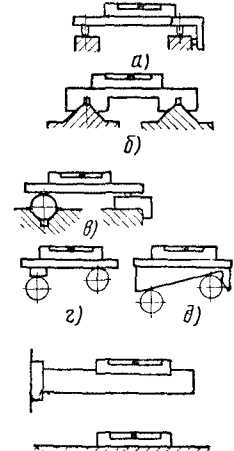
Продолжение табл. 6

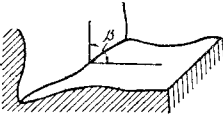
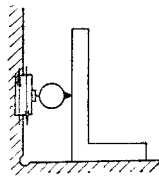
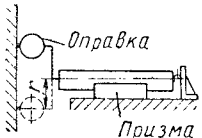
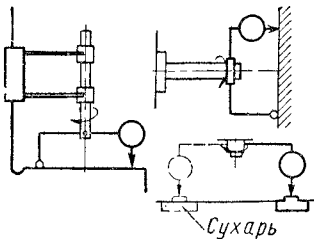
Метод измерения	Схема измерения
Проверка на бочкообразность (бочкообразность — половина разности наибольшего диаметра среднего поперечного сечения и наименьшего диаметра крайних поперечных сечений)	
С помощью методов и средств для измерения диаметров и линейных размеров (см. стр. 573—579)	
С помощью методов и средств для измерения непрямолинейности поверхности в заданном направлении (см. стр. 584—585)	—
С помощью специального приспособления На стол приспособления кладут мерную плитку и отмечают показание индикатора (миниметра), затем на стол кладут проверяемое изделие (вал). Погрешность определяется наибольшей разностью показаний прибора. Измерение производят по различным образующим	

6. Методы проверки взаимного расположения поверхностей и осей

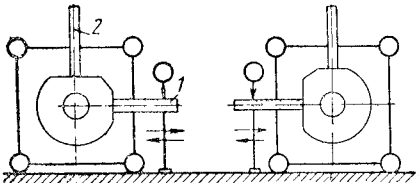
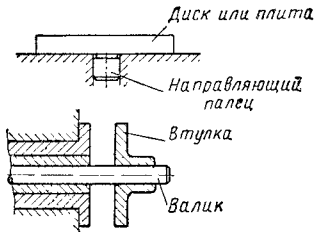
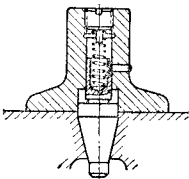
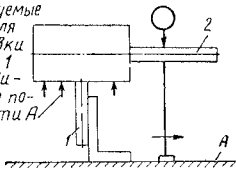

Метод измерения	Схема измерения
Параллельность (погрешность определяется наибольшей разностью расстояния от проверяемой поверхности или оси до базовой плоскости или оси на заданной длине)	
С помощью методов и средств измерения расстояний между поверхностями и осями Каждая из рассматриваемых поверхностей должна быть представлена плоскостью I или II, проходящей через три выступающие точки поверхности (или касательной к ней в какой-либо заданной точке)	
С помощью индикатора (миниметра) Первый способ. На проверяемой поверхности устанавливается ползун с прибором, мерительный штифт которого касается базовой поверхности или оправки, заменяющей собой ось. Проверка производится при перемещении ползуна вдоль всей проверяемой поверхности или оправки, заменяющей собой проверяемую ось. В последнем случае необходимо исключить влияние погрешности оправки и ее установки соответствующей перестановкой оправки в отверстие. При касании мерительного штифта прибора с оправкой необходимо в каждом из проверяемых сечений определить наибольшее показание прибора путем его поперечного перемещения. Погрешность определяется наибольшей разностью показаний прибора. Второй способ. То же, что и выше, но ползун с индикатором (миниметром) перемещается по базовой поверхности	

Продолжение табл. 6

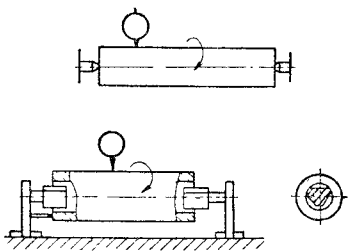
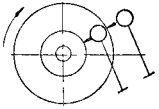
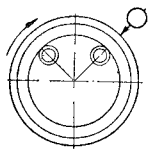
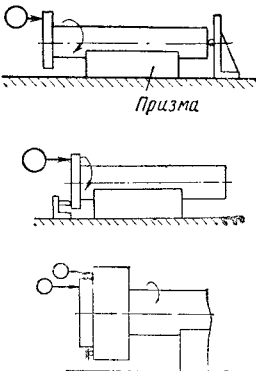
Метод измерения	Схема измерения
<p>С помощью индикатора (миниметра) и специального мостика</p> <p>При проверке параллельности оси I следу пересечения двух поверхностей (например, поверхностей V-образных направляющих) другой поверхности или оси II используется мостик с соответствующей формой опорных поверхностей. На проверяемой поверхности на мостике укрепляется стойка с прибором, мерительный штифт которого касается базовой поверхности или оправки, заменяющей ось.</p> <p>Проверка осуществляется в двух взаимно-перпендикулярных плоскостях (допускаемое отклонение также должно быть оговорено для двух плоскостей измерения или в одной обусловленной)</p>	<p>Покачивание для определения наибольшего показания прибора</p> 
<p>С помощью индикатора (миниметра) и двух точных шариков (роликов)</p> <p>Между каждой парой двух пересекающихся поверхностей располагают шарик (ролик). С помощью индикатора (миниметра) измеряют разность расстояний между ними вдоль проверяемых поверхностей в различных сечениях</p>	
<p>С помощью уровня</p> <p>Первый способ. Уровень устанавливается на специальный мостик, имеющий три опоры: две касаются проверяемой поверхности (оси) и одна — базовой поверхности (оси). При незначительном смещении осей вместо мостика можно воспользоваться линейкой и мерными плитками. Проверка осуществляется вдоль всей проверяемой поверхности. Погрешность определяется величиной наибольшего отклонения уровня на заданном расстоянии между поверхностями:</p> $h = L \cdot \tau,$ <p>где L — расстояние между проверяемыми поверхностями; τ — показание уровня.</p> <p>Второй способ. Уровень устанавливается поочередно на двух проверяемых поверхностях (осях) в заданном направлении. Проверка осуществляется в различных сечениях. Погрешность определяется разностью показаний уровня</p>	

Метод измерения	Схема измерения
<p align="center">Перпендикулярность</p> <p>(погрешность определяется наибольшим отклонением в заданном направлении угла, образованного двумя проверяемыми плоскостями или осями или осью и плоскостью от прямого угла)</p>	
<p><i>С помощью методов и средств для измерения угловых размеров (стр. 579—582)</i></p> <p>При измерении перпендикулярности двух поверхностей угол измеряется в заданной точке линии пересечения поверхностей или в двух крайних и средней точке этой линии</p>	
<p><i>С помощью угольника и индикатора (миниметра)</i></p> <p>На базовую поверхность (оправку) устанавливается угольник так, чтобы одна из его поверочных граней была параллельна базовой поверхности (оси), а другая была направлена вдоль проверяемой поверхности оси оправки. Индикатор (миниметр) устанавливается на проверяемой поверхности так, чтобы его мерительный штифт касался рабочей грани угольника. Стойка с прибором, имеющая контакт с проверяемой поверхностью не менее чем в двух точках, перемещается по проверяемой поверхности (оправке) вдоль этой грани угольника.</p> <p>Если проверяется расположение следа пересечения двух поверхностей, например поверхностей V-образных направляющих, то стойка имеет опоры на обеих поверхностях. Погрешность определяется наибольшей разностью показаний прибора на заданной длине. При проверке необходимо учитывать погрешность угольника (стойки)</p>	
<p><i>С помощью индикатора (миниметра) и специального приспособления — призматической стойки с оправкой</i></p> <p>На проверяемой поверхности устанавливается приспособление — призма с оправкой. Оправка располагается вдоль проверяемой поверхности; с помощью шарового упора в стойку исключается ее осевое перемещение. Прибор укрепляется на оправке так, чтобы его мерительный штифт касался базовой поверхности. Погрешность определяется наибольшей разностью показаний прибора на заданной длине, равной $2r$. При проверке необходимо учесть погрешность приспособления</p>	
<p><i>С помощью специального приспособления — коленчатой оправки с индикатором (миниметром)</i></p> <p>На одной из проверяемых поверхностей или в отверстии укрепляется приспособление — коленчатая оправка с индикатором (миниметром). Мерительный штифт прибора касается другой проверяемой поверхности (оправки, вставленной в проверяемое отверстие или надетой на центрирующую поверхность). Посредством поворота оправки за счет скользящей посадки кольца приспособления производится измерение показания прибора в четырех или двух точках по окружности. Погрешность определяется наибольшей разностью показаний прибора в заданном направлении на заданной длине, равной $2r$, с учетом погрешностей приспособления</p>	

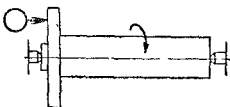
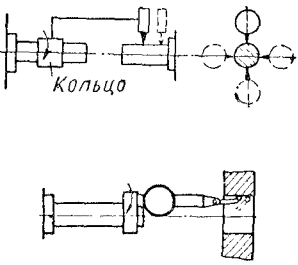
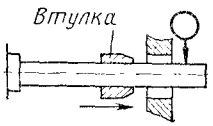

Продолжение табл. 6

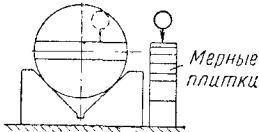
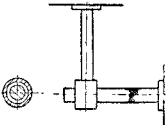
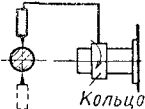
Метод измерения	Схема измерения
<p><i>С помощью синусного куба</i> Проверяемое изделие укрепляется на синусном кубе. Относительное расположение осей определяется аналогично определению угловых размеров (1 и 2 оправки)</p>	
<p><i>С помощью приспособлений на краску</i></p> 	
<p><i>С помощью угольника, индикатора (миниметра) и оправки от вспомогательных баз (1 и 2 оправки)</i></p>	<p><i>Регулируемые опоры для установки оправки 1 герметично по поверхности А</i></p> 
<p align="center">Проверка на радиальное биение</p> <p>(радиальное биение — наибольшая разность расстояний от проверяемой поверхности до оси центров (центровых отверстий) или до другой цилиндрической базовой поверхности, соосной с проверяемой)</p>	
<p><i>С помощью индикатора (миниметра) и призмы</i> Изделие базовой наружной поверхностью или с помощью оправки, вставленной в базовое отверстие, кладется на призму. Мерительный штифт прибора касается проверяемой поверхности. Изделие поворачивают на 360°. Погрешность определяется наибольшей разностью показаний прибора</p>	

Продолжение табл. 6

Метод измерения	Схема измерения
<p><i>С помощью индикатора (миниметра) и центров</i></p> <p>При отсутствии центровых отверстий контрольная оправка вставляется в базовое отверстие изделия. Изделие при наличии центровых отверстий или оправка зажимается в центрах приспособления (станка). Мерительный штифт прибора касается проверяемой поверхности. Изделие поворачивают на 360°.</p> <p>Погрешность определяется наибольшей разностью показаний прибора.</p> <p>Примечание. Оправка может быть заменена контрольными центровыми пробками или призмами, вставленными с двух концов в базовое отверстие</p>	
<p><i>С помощью двух индикаторов (миниметров)</i></p> <p>Проверка производится при укреплении проверяемого изделия на призме или в центрах. К двум проверяемым концентричным поверхностям подводятся мерительные штифты приборов, так чтобы они лежали в одной плоскости и были одинаково направлены. Изделие поворачивается на 360°.</p> <p>Погрешность определяется наибольшей разностью показаний приборов</p>	
<p><i>С помощью индикатора (миниметра) и двух роликовых упоров</i></p> <p>Проверяемое изделие устанавливается на поворачивную плиту так, чтобы поверхность отверстия соприкасалась с двумя укрепленными на плите упорами-роликами. К другой проверяемой концентричной поверхности подводится мерительный штифт прибора.</p> <p>Погрешность определяется наибольшей разностью показаний прибора при повороте изделия на 360°.</p>	
<p align="center">Проверка на торцевое биение</p> <p>(торцевое биение — наибольшая разность измеренных параллельно оси проверяемой торцевой поверхности расстояний до плоскости, перпендикулярной к оси)</p>	
<p><i>С помощью индикатора (миниметра) и призмы</i></p> <p>Изделие базовой наружной поверхностью или с помощью оправки, вставленной в базовое отверстие, кладется на призму. Мерительный штифт прибора касается проверяемой торцевой поверхности на заданном расстоянии от центра. Изделие поворачивают на 360°. Для исключения осевого перемещения изделия используется шариковый упор в угольнике или упор в торец.</p> <p>При проверке концентричных торцевых поверхностей можно определить их взаимное расположение с помощью двух индикаторов (миниметров), расположенных в одной плоскости и одинаково направленных</p>	

Продолжение табл. 6

Метод измерения	Схема измерения
<p>С помощью индикатора (миниметра) и оправки</p> <p>При отсутствии центровых отверстий контрольная оправка вставляется в базовое отверстие изделия. Изделие при наличии центровых отверстий или оправка зажимается в центрах приспособления. Мерительный штифт прибора касается проверяемой торцовой поверхности на заданном расстоянии от центра. Изделие поворачивают на 360°.</p> <p>Погрешность определяется наибольшей разностью показаний прибора</p>	
<p align="center">Совпадение осей цилиндрических поверхностей (погрешность определяется наибольшим расстоянием между центрами поперечных сечений проверяемых поверхностей в пределах заданной длины)</p>	
<p>С помощью индикатора (миниметра) и оправки или без нее</p> <p>В проверяемые отверстия вставляются контрольные оправки. На одной из них укрепляется с помощью вращающегося кольца державка с прибором. Мерительный штифт прибора касается другой оправки. Проверка осуществляется в заданных поперечных сечениях.</p> <p>При наличии рычажно-зубчатого индикатора проверка может осуществляться непосредственно по проверяемой поверхности отверстия.</p> <p>Погрешность в каждом сечении определяется:</p> <p>а) как $\frac{1}{2}$ наибольшей разности показаний прибора в каждой из двух взаимно-перпендикулярных плоскостях:</p> $\Delta_e = \Delta_1 - \Delta_2; \Delta_g = \Delta_3 - \Delta_4;$ <p>б) как $\frac{1}{2}$ средней квадратичной погрешности в двух взаимно-перпендикулярных плоскостях:</p> $\Delta = \sqrt{\Delta_e^2 + \Delta_g^2}$ <p>в зависимости от заданного определения допуска</p>	
<p>С помощью индикатора (миниметра), оправки и втулки</p> <p>В базовое отверстие вставляется жесткая оправка, конец которой вводят в другое проверяемое отверстие. На оправку со стороны проверяемого отверстия налезает контрольная втулка с конусной наружной поверхностью. Мерительный штифт прибора касается образующей оправки. При вводе втулки в проверяемое отверстие следят за показанием прибора.</p> <p>Погрешность определяется наибольшим показанием прибора в каждой из указанных плоскостей</p>	
<p>С помощью двух оправок с лысками на концах и мерных плиток или щупов</p> <p>В проверяемые отверстия вставляются оправки с лысками на концах так, чтобы лыски были обращены друг к другу. Зазор между плоскими поверхностями измеряется с помощью мерных плиток, щупов и т. д.</p>	

Метод измерения	Схема измерения
Совпадение осей плоских поверхностей (симметричность)	
<p><i>С помощью мерных плиток и индикатора (миниметра) или без него</i></p> <p>Проверяемое изделие базируется в пентрах приспособления или на призмах. С помощью блока мерных плиток и прибора находится расстояние от одной стороны проверяемой поверхности до базовой плоскости. После поворота изделия на 180° производится подобный замер до другой стороны (противолежащей) проверяемой поверхности.</p> <p>Погрешность определяется разностью высот плиток до каждой из сторон</p>	
Пересечение осей (погрешность определяется наибольшим отклонением от заданного угла между осями в заданной плоскости на заданной длине)	
<p><i>С помощью двух оправок</i></p> <p>В отверстия вставляются оправки, одна из которых снабжена на конце втулкой с точным отверстием под конец второй оправки.</p> <p>Погрешность определяется $1/2$ наибольшей разности величин зазоров между отверстием втулки и оправкой</p>	
<p><i>С помощью двух оправок и индикатора (миниметра)</i></p> <p>В отверстия вставляются оправки. К одной из оправок (базовой) прикрепляется с помощью вращающегося кольца державка с индикатором (миниметром) так, чтобы его мерительный штифт касался образующей второй оправки. Кольцо с прибором поворачивают на 180°. При этом мерительный штифт прибора должен коснуться противоположной образующей второй оправки. В целях избежания задержки мерительного штифта прибора второй оправкой прибор перед поворотом сдвигается вдоль оси первой — базовой оправки, а после поворота подводится в первоначальное положение.</p> <p>Погрешность определяется $1/2$ наибольшей разности показаний прибора</p>	

ТЕХНИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОВЕРКИ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ И ВЗАИМНОГО ПОЛОЖЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Основные правила выполнения проверок

При выполнении проверок необходимо соблюдать следующие правила:

1) весь контрольно-проверочный инструмент, которым приходится пользоваться при проверках, должен иметь аттестат (паспорт), подтверждающий его пригодность;

2) при использовании контрольными линейками и оправками в случаях, когда требуется повышенная точность, обязательно корректировать результаты замеров с учетом их прогиба под действием собственного веса;

3) особенно ответственные проверки необходимо повторять дважды, используя для второй проверки другой инструмент и другой метод проведения проверки;

4) основания под индикатор должны быть массивными, с широкими опорными плоскостями; штатив, в котором крепят индикатор, должен быть достаточно жестким; при невозможности использовать нормальный штатив следует изготовить специальный держатель;

5) при выполнении точных выверок необходимо обеспечивать постоянное измерительное давление стержня индикатора (до 100 Г и для особо точных случаев 30—40 Г);

6) плоскопараллельные меры и другие измерительные средства при точных измерениях должны выдерживаться на рабочем месте достаточное время для того, чтобы их температура сравнялась с температурой измеряемой детали, лицо, производящее выверку, должно работать в перчатках;

7) при проверках, выполняющихся с поворотом индикатора, необходимо учитывать, что вес индикатора со штативом и измерительное усилие, действующие на стержень индикатора, искажают показания.

Применение плоскостного инструмента

Для различного рода проверок, проводимых в процессе ремонта оборудования, и главным образом для проверки плоскостности и прямолинейности различных направляющих поверхностей используют плоскостной контрольный инструмент. Этот же инструмент приме-

няется в качестве рабочего инструмента при шабровочных работах.

Проверка плоскостности и прямолинейности исправляемой поверхности плоскостным контрольным инструментом ведется двумя способами:

1) способом определения линейных отклонений; плоскостной инструмент накладывается на исправляемую поверхность, а образовавшиеся зазоры замечаются щупом;

2) способом проверки на краску или на блеск.

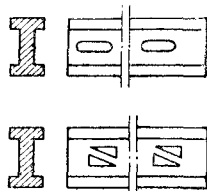
Применяемый при ремонте плоскостной инструмент можно разделить на универсальный и специальный.

Универсальный плоскостной инструмент. К универсальному плоскостному инструменту относятся проверочные линейки и плиты. Проверочные

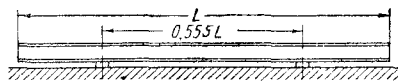
линейки делятся на линейки с параллельными сторонами (прямоугольные и двутавровые), линейки-мостики и угловые линейки.

Линейки с параллельными сторонами выпускаются инструментальными заводами прямоугольной формы, длиной 300, 500, 750, и двутаврового сечения, длиной 1000, 1500, 2000, 2500, 3000 и 4000 мм (фиг. 1).

При использовании линейками должна учитываться величина прогиба их под действием собственного веса. Линейка, укладываемая на опоры, расположенные у ее краев, дает весьма значительный прогиб от собственного веса. Наименьший прогиб контрольная линейка дает при укладывании ее на две опоры, расположенные на расстоянии, равном $\frac{2}{9}$ длины линейки от ее краев или 0,555 длины линейки между опорами (фиг. 2).



Фиг. 1. Двутавровая линейка.



Фиг. 2. Линейка на двух опорах.

В табл. 7 приведены данные о величинах прогиба линеек, выпускаемых заводом «Калибр», при расположении опор у краев линейки и на расстоянии $\frac{2}{9}$ длины линейки от края.

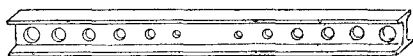
Наиболее удобным для выполнения ремонтных работ являются стальные линейки с уширенной рабочей плоскостью,

7. Прогиб линейек завода „Калибр“

Длина в мм	Величина прогиба при опорах на концах в мк		Величина прогиба при опорах, отстоящих на $\frac{2}{3}$ длины линейки от края в мк	
	Прямо- угольное сечение	Двута- вовое сечение	Прямо- угольное сечение	Двута- вовое сечение
500	1,5	1,3	0,031	0,028
1000	16	13	0,31	0,27
1500	53	43	1,1	0,9
2000	117	96	2,4	2,0
2500	227	138	4,8	4,0
3000	327	274	6,8	5,7

изготавливаемые рядом заводов из старых железнодорожных рельсов для собственных нужд.

Конструкция такой линейки приведена на фиг. 3. Уменьшение веса у



Фиг. 3. Конструкция двутавровой линейки.

данной линейки достигнуто за счет утонения вертикальной стенки и наличия в ней отверстий, размеры и расположение которых соответствуют условиям равного сопротивления изгибу линейки от собственного веса. Вес линейек этой конструкции и прогиб от собственного веса приведены в табл. 8.

8. Прогиб уширенных линейек от собственного веса в зависимости от расположения опор

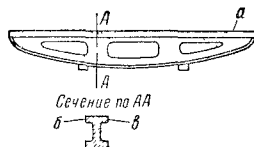
Длина в мм	Вес в кг	Средняя величина прогиба в мм		
		Опоры у краев	Опоры на расстоянии $\frac{2}{3}$ от края	
			на середине	у краев
3000	30	0,16—0,19	0,005—0,015	0,01—0,02
2500	25	0,07—0,08	$\pm 0,01$	0,01—0,015
2000	20	0,02—0,03	$\pm 0,01$	0,01—0,015
1500	15	<0,01	—	—

Для выравнивания плоскостей при ремонте используют линейки 1-го и 2-го классов точности. Линейки 1-го класса предназначены для шабрения и контроля плоскостей высокой точности (до 20 пятен на квадрат со стороной 25 мм), а линейки 2-го класса — для плоскостей нормальной точности (до 15 пятен).

Линейки-мостики (фиг. 4) представляют собой чугунную отливку жесткой кон-

струкции. Рабочей поверхностью линейки является плоскость a (плоскости b и c — нерабочие поверхности).

Линейки-мостики используются в качестве контрольных линейек в тех случаях, когда требуется особо высокая точность плоскостного инструмента, и при шабрении широких плоскостей. Линейка-мостик, являясь жесткой конструкцией, имеет меньший прогиб от собственного веса.



Фиг. 4. Линейка-мостик.

Однако вследствие своего большого веса эта линейка неудобна в работе и чаще всего используется в качестве стационарного плоскостного инструмента. Размеры выпускаемых линейек-мостиков следующие: 500 × 40, 750 × 45, 1000 × 50, 1500 × 60, 2000 × 70, 2500 × 80, 3000 × 90, 4000 × 110 и 5000 × 130 мм.

Угловые линейки (клинья) применяются для одновременной проверки плоскостности и угла между двумя пересекающимися поверхностями (фиг. 5) ГОСТ 8026-56 предусмотрены угловые линейки трехгранные.



Фиг. 5. Угловая линейка.

Промышленностью выпускаются угловые линейки длиной 250, 500, 750 и 1000 мм с углами 45, 55 и 60.

Угловые линейки изготавливаются по 1-му и 2-му классам точности с 25 и 20 пятен на квадрат со стороной 25 мм соответственно.

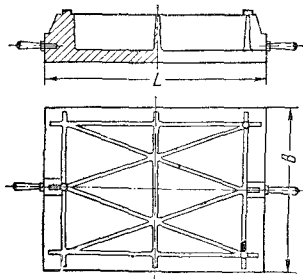
Поверочные плиты (фиг. 6) служат для проверки плоскостности на краску.

Поверочные плиты должны иметь три опорные точки для установки. Для плит 750 × 1000 мм и 1000 × 1500 мм допускаются четыре опорные точки. В этом случае путем подклинивания должно быть обеспечено равномерное распределение нагрузки на все четыре точки, а плита должна быть надлежащим образом выверена по уровню.

Для ремонта оборудования используются плиты 0-го, 1-го и 2-го классов.

При проверке плоскостности и качества рабочих поверхностей шаброванных плит методом проверки на краску число пятен в квадрате со стороной 25 мм должно быть:

а) для поверочных плит 1-го класса не менее 25;



Фиг. 6. Поверочная плита.

б) для поверочных плит 2-го класса не менее 20.

Поверочные плиты 0-го класса при проверке на краску должны иметь количество пятен не меньше, чем поверочные плиты 1-го класса.

Расположение пятен у шабровочных плит должно быть равномерным по всей рабочей поверхности. Разбивка пятен должна быть такой, чтобы разность количества пятен в любых двух квадратах со стороной 25 мм была не более трех.

Линейные отклонения от плоскостности рабочих поверхностей плит определяются по ОСТ следующим образом. Если через профиль ненагруженной поверхности плиты, лежащей тремя точками на ровном основании, проходит плоскость таким образом, что самая высшая и самая низшая точки профиля расположены в отношении ее симметрично, то величина отклонений этих точек от плоскости в любом месте не должна превышать величин, указанных в табл. 9.

У краев рабочих поверхностей плит (3—5 мм) величины линейных отклонений от плоскостности, а также число пятен не нормируются.

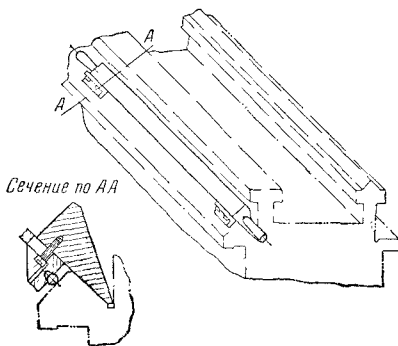
Специальный плоскостной инструмент изготавливается в двух случаях: когда невозможно вести шабровочные или контрольные работы с помощью универсального инструмента и когда применение универсального инструмента не обеспечивает необходимой про-

9. Величины отклонений от плоскостности для поверочных плит (ОСТ 20149-39)

Размер плиты в мм	Отклонения в мк		
	для класса		
	0-го	1-го	2-го
100 × 200	±3	±6	±12
200 × 200	±3	±6	±12
200 × 300	±3,5	±7	±12,5
300 × 300	±3,5	±7	±13
300 × 400	±3,5	±7	±14
400 × 400	±3,5	±7	±14
450 × 600	±4	±8	±16
500 × 800	±4	±8	±18
750 × 1000	±5	±10	±20
1000 × 1500	±6	±12	±25

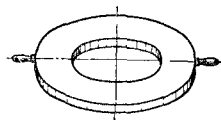
изводительности или не отвечает требованиям техники безопасности.

Специальный плоскостной инструмент делится на простой и комбинированный.



Фиг. 7. Специальная линейка для приабливания призматических направляющих токарных станков.

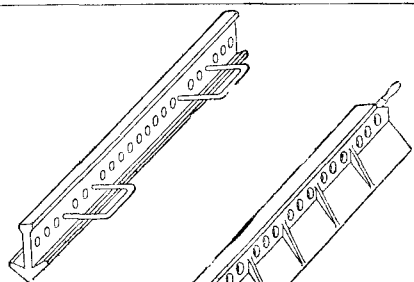
Простой инструмент проектируется для контроля одной поверхности. Комбинированный инструмент позволяет кон-



Фиг. 8. Специальная кольцевая контрольная плита для приабливания плоскости револьверной головки.

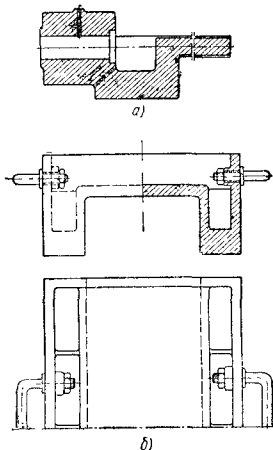
тролировать две или больше плоскостей одновременно, обеспечивая этим получение их правильного взаимного расположения в процессе шабрения.

На фиг. 7—14 приведены конструкции простого и комбинированного специального плоскостного инструмента.

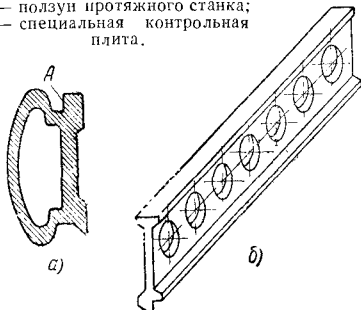


Фиг. 9. Специальная линейка для пришаб्रивания V-образных направляющих.

Фиг. 10. Специальная линейка для пришаб्रивания призматических направляющих (выпуклых).



Фиг. 11. Специальная контрольная плита для пришаб्रивания ползуна протяжного станка: а — ползун протяжного станка; б — специальная контрольная плита.



Фиг. 12. Применение специальной линейки для пришаб्रивания traversы радиально-сверлильного станка: а — сечение traversы радиально-сверлильного станка; б — специальная линейка.

Изготовление, эксплуатация и ремонт плоскостного инструмента

Изготовление и ремонт плоскостного инструмента должны быть сосредоточены на специальном участке при ремонтно-механическом цехе.

На крупных заводах участок для изготовления и ремонта этого инструмента должен быть оснащен продольно-строгальным, расточным и сверлильным станками. Кроме того, участок должен иметь несколько шабровочных верстаков и стационарно установленных контрольных экземпляров линеек и плит, соответствующих размерам наибольшего существующего на заводе шабровочного инструмента.

Линейки и плиты, принятые в качестве контрольных, тщательно вышабровываются по системе трех плоскостей (первый экземпляр по второму, второй по третьему, третий по первому). Один из трех экземпляров используют в качестве контрольного рабочего, т. е. по нему шабруют рабочий инструмент, подлежащий ремонту. Остальные два экземпляра сохраняют в качестве поверочного инструмента. Контрольные рабочие экземпляры поверочных линеек и плит устанавливаются на массивных, жестких фундаментах.

Поддержание эксплуатируемого плоскостного инструмента в рабочем состоянии обеспечивается проведением определенной системы учета, хранения, проверки и ремонта этого инструмента. Весь плоскостной инструмент, находящийся в эксплуатации у механиков цехов завода, должен находиться на учете. Это позволяет маневрировать имеющимся в наличии инструментом и организовать наблюдение за его состоянием и своевременным ремонтом.

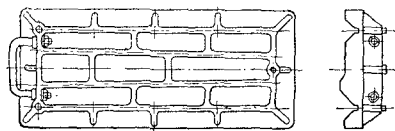
Учет инструмента должен быть сосредоточен в отделе главного механика (см. приведенную ниже форму книги учета плоскостного инструмента — форма 1).

Ремонт плоскостного инструмента должен быть централизован и выполняться участком изготовления плоскостного инструмента при ремонтно-механическом цехе.

Специальный комбинированный плоскостной инструмент должен проверяться по негативным эталонам. Например, приведенная на фиг. 13 специальная поверочная плита должна проверяться и ремонтироваться по своему негативному эталону, показанному на фиг. 14.

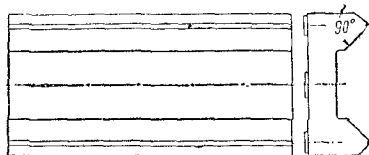
В процессе эксплуатации отдел технического контроля завода периодически

в принудительном порядке по заранее составленному графику осуществляет контроль за состоянием плоскостного инструмента в цехах. При потере точности



Фиг. 13. Специальная плита для прищавливания станины револьверного стаика.

годным для дальнейшей работы, об этом делается отметка в паспорте на данный инструмент (форма 2).



Фиг. 14. Контрольная (негативная) плита к контрольной плите для пришабривания станины револьверного станка.

инструмента вследствие износа его отправляют для ремонта. Если проверенный плоскостной инструмент оказывается при-

Линейки должны храниться в деревянных футлярах, внутри которых они подвешиваются на крючках. Плиты необхо-

КНИГА УЧЕТА ПЛОСКОСТНОГО ИНСТРУМЕНТА

Линейки нормальные

№ по пор.	Длина в мм	Класс точности	Дата изготовления или получения	Инвентарный №	Цех, которому инструмент выдан	Дата выдачи	Примечание
1	3000	1-й	Изг. 20/1-57	121	2 мех.	2/II-58	Линейка опытная, сделана по новому чертежу
2	1500	3-й	Пол. 29/1-57	122	Инструментальн.	30/I-58	

Заведующий центральной кладовой оснастки ОГМ

ПАСПОРТ ПЛОСКОСТНОГО ИНСТРУМЕНТА

Лицевая сторона

Наименование инструмента	Размер	Класс точности	Инвентарный №	Периодичность проверки	Цех, которому инструмент принадлежит	Дата выдачи в эксплуатацию

Оборотная сторона

Проверено			Проверено			Проверено		
Дата	Класс точности	Подпись	Дата	Класс точности	Подпись	Дата	Класс точности	Подпись

димо закрывать деревянной крышкой, предохраняющей рабочую поверхность от случайных повреждений.

По окончании работы инструмент должен тщательно вытираться и смазываться.

Проверка прямолинейности направляющих

Проверка прямолинейности направляющих с помощью эталонной плоскости заключается в сравнении восстанавливаемой плоскости с эталонной плоскостью линейки. Для выполнения проверки контрольная линейка укладывается на проверяемую поверхность на две мерные подкладки, после чего с помощью плоскопараллельных мер определяются величины зазора между проверяемой поверхностью и плоскостью линейки по ее длине.

Если контрольная линейка накладывается непосредственно на проверяемую плоскость, определение величины зазора между контрольной линейкой и плоскостью производится при помощи нормального шупа или полосок папиросной бумаги.

Простейшим способом проверки прямолинейности плоскостей является проверка накладыванием линейки, предварительно покрытой тонким слоем краски, непосредственно на проверяемую плоскость. В данном случае, как и в предыдущих (проверка шупом или полосками бумаги), приходится считать за возможность повышенного изгиба линейки под влиянием собственного веса. Недостатком проверки на краску является невозможность определить величины отклонений проверяемой плоскости от эталонной.

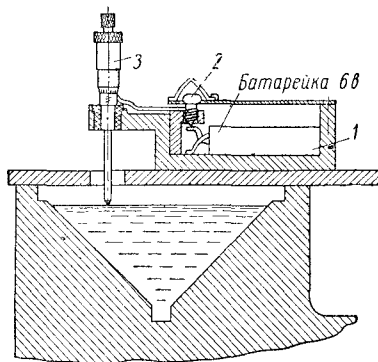
Проверка уровнем, устанавливаемым непосредственно на проверяемую плоскость или на короткую (до 1000 мм) контрольную линейку со строго параллельными сторонами, позволяет установить отклонение данного участка измеряемой поверхности от горизонтальной плоскости. В результате ряда последовательных замеров, произведенных вдоль всей проверяемой поверхности, можно определить характер и величины отклонения направляющей от горизонтальной прямой линии и изобразить их в виде кривой.

Уровень, установленный поперек направляющих непосредственно на них или на промежуточный элемент (линейку, подушку задней бабки и т. п.), при перемещении вдоль станины позволяет определить величину спиральной извернутости направляющих.

Проверка от зеркала жидкости основана на свойстве поверхности жидкости в спокойном состоянии образовывать горизонтальную плоскость, а также на свойстве сообщающихся сосудов.

Поверхность (зеркало) жидкости является в данном случае эталонной плоскостью.

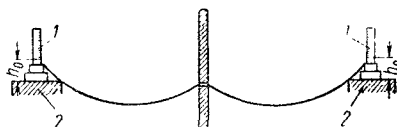
Проверка производится с помощью микрометрического глубиномера, смонтированного на планке, пришабренной по направляющим. Момент прикосновения острия глубиномера к поверхности воды определяется на глаз или фиксируется замыканием цепи электрической батарейки, при которой загорается лампочка (фиг. 15).



Фиг. 15. Проверка от зеркала жидкости с помощью электроконтакта: 1 — электрическая батарейка; 2 — лампочка; 3 — микрометрический винт.

Если конструкция станины не позволяет залить жидкость непосредственно в направляющие, то рядом с направляющими или на них укладываются желоба из листового железа, швеллера или углового железа, в которые наливается жидкость. Желоба соединяются между собой резиновыми шлангами.

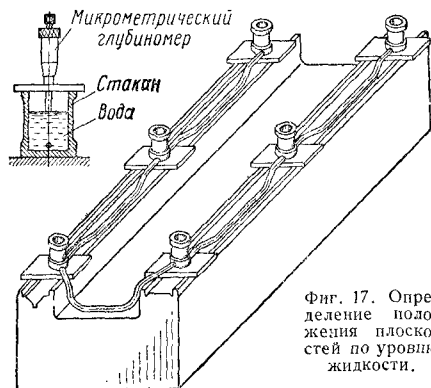
Когда желобы применить невозможно, используют сообщающиеся сосуды в виде стеклянных мензурок соответственно градуированных (фиг. 16). Сравнивая



Фиг. 16. Использование мензурок для определения разности уровней плоскостей: 1 — мензурки; 2 — проверяемые плоскости.

уровень жидкости в мензурках, можно определить относительное положение двух или нескольких плоскостей.

Наиболее удобным следует считать прибор, изображенный на фиг. 17. Прибор состоит из набора стальных никелированных стаканов одинаковой высоты (допуск по высоте $0,005 \text{ мм}$), наполненных жидкостью и соединенных между



Фиг. 17. Определение положения плоскостей по уровню жидкости.

собой резиновыми трубками. Такая система сообщающихся сосудов устанавливается на выверяемые поверхности. Замеряя расстояния от верхних торцов стаканов до уровня жидкости микрометрическим глубиномером, устанавливают величину отклонения станины от прямолинейности на данном отрезке.

Проверка с помощью струны. Проверка прямолинейности призматических и V-образных направляющих в горизонтальной плоскости, а также направляющих, расположенных вертикально, может производиться с помощью струны, натянутой вдоль проверяемой направляющей. Чаще всего применяют для этой цели тонкую стальную проволоку толщиной $0,1$ — $0,3 \text{ мм}$ или шелковую нить.

Задача проверки прямолинейности сводится в данном случае к точному измерению расстояний от струны до направляющей, по которым судят о величине отклонений направляющей от прямолинейности.

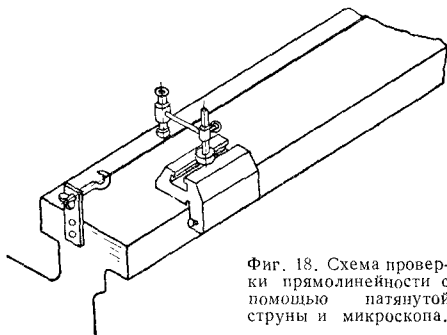
Замеры производятся или микрометрическим штихмасом, что обеспечивает точность в пределах $0,05 \text{ мм}$, или с помощью микроскопа, дающего возможность замерять отклонения $0,01 \text{ мм}$.

Микроскоп устанавливается на одно из оснований под индикатор; схема проверки приведена на фиг. 18.

Один конец нити закрепляется неподвижно, а второй перебрасывается через блок и нагружается грузом для создания необходимого натяжения. Так как про-

висание проволоки под действием собственного веса искажает замеры (теряется резкость изображения струны в микроскопе), предпочтительнее пользоваться шелковой нитью (при том же диаметре провисание шелковой нити в 4 раза меньше, чем стальной проволоки). Нить располагают так, чтобы расстояния ее от краев направляющих были строго одинаковыми. Промежуточные замеры показывают величины отклонений от прямолинейности.

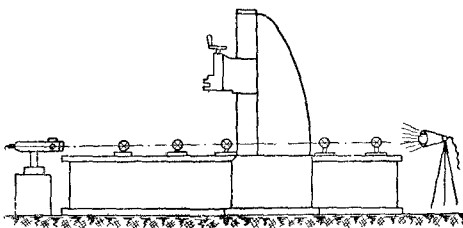
Вместо струны или нити может быть использована поверочная линейка. Линейка устанавливается рядом с проверяемой направляющей так, чтобы расстояния от оси направляющей до плоскости линейки были одинаковыми у краев станины. Замеры от линейки произ-



Фиг. 18. Схема проверки прямолинейности с помощью натянутой струны и микроскопа.

водятся обычно индикатором, укрепленным на соответствующем профилю направляющей основании.

Оптические методы проверки. Проверка прямолинейности направляющих может



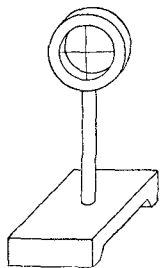
Фиг. 19. Проверка прямолинейности зрительной трубой и вехой.

производиться зрительной трубой. При этом исходной прямой служит оптическая ось трубы.

Проверка с помощью зрительной трубы производится путем перемещения вехи (целевого знака) вдоль проверяемой направляющей (фиг. 19). С помощью зри-

тельной трубы улавливается и фиксируется в долях миллиметра последовательное изменение положения вехи в вертикальной и горизонтальной плоскостях, являющееся следствием относительного смещения отрезков направляющих.

Обычная веха представляет собой кольцо, смонтированное на подставке, в ко-



Фиг. 20. Веха в подставке.

тором крестообразно натянуты две тончайшие нити (фиг. 20). Кольцо вехи с крестом нитей закреплено на стойке так, что оно может легко поворачиваться при настройке для установки горизонтальной нити параллельно направляющим. В некоторых случаях в кольцо устанавливается стекло, на котором нанесена крестообразная сетка. Зрительная труба помещается

возле проверяемой станины на подставке, а веха перемещается по направляющей. Веху освещают электрической лампой, располагаемой позади нее. Для определения величин отклонений направляющей от прямолинейности каждый раз при перемещении вехи совмещают центр креста в окуляре трубы с центром креста вехи и отсчитывают величину отклонения по окулярному микрометру трубы.

Существенным недостатком этого способа является необходимость регулировки при перемещении вехи наводки на фокус, что снижает точность измерения.

Вместо вехи может быть применен коллиматор. Последний имеет объектив, в центре которого помещен крест нитей. Выходящий из коллиматора пучок параллельных лучей попадает в зрительную трубу, на экране которой получается изображение креста.

Перемещая коллиматор вдоль проверяемой направляющей, отсчитывают отклонения от прямолинейности. Для этого регулируют трубу так, чтобы центр креста коллиматора совпадал с делениями, нанесенными на экране трубы.

Точность замеров по данному способу выше предыдущей (0,02—0,04 мм на 1 м), так как вследствие параллельности лучей, выходящих из коллиматора, не требуется каждый раз при перемещении его по направляющей производить наводку на фокус.

Еще более высокую точность дает применение автоколлиматора (до 0,01 мм на

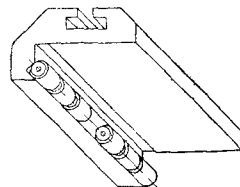
1 м) при трубе с 20-кратным увеличением. При применении автоколлиматора в качестве вехи используется зеркало, которое освещается параллельным пучком света из зрительной трубы автоколлиматора. Зеркало отражает крест нитей, имеющийся на стеклянной пластинке автоколлиматора. Отраженное изображение креста возвращается на экран зрительной трубы, на котором нанесен второй крест нитей. После каждой перестановки вехи-зеркала вдоль проверяемой направляющей фиксируется отклонение нового ее положения от предыдущего как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскостях*.

Приспособления для проверки положения узлов и деталей

Приспособления для проверки параллельности. Большинство работ по выверке параллельности при исправлении направляющих может быть проведено с помощью приспособлений двух видов:

- 1) приспособлений, служащих подставкой (основанием) для крепления нормальной индикаторной головки;
- 2) приспособлений с настраиваемой индикаторной головкой.

Разновидности подставок для крепления индикаторных головок приведены на фиг. 21—27. Последние применяются для



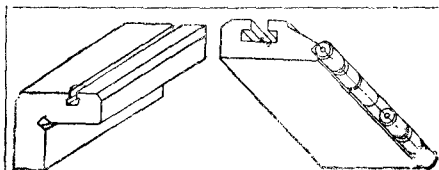
Фиг. 21. Подставка для крепления индикаторной головки с внутренним роликом.

проверки параллельности шпинделя направляющим станины, параллельности направляющих суппортов и т. д.

Приспособления с настраиваемой индикаторной головкой служат для проверки параллельности исправляемой (шабруемой или шлифуемой) плоскости по отношению к базовой, расположенной на значительном расстоянии от нее.

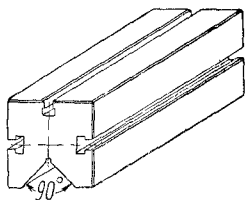
На фиг. 28 представлено приспособление с настраиваемой индикаторной головкой, применяемое для проверки взаимной параллельности направляющих салазок столов, travers продольно-фрезерных станков, ползунов и т. п.

* О применении оптических средств контроля прямолинейности см. также в разделе «Проверка прямолинейности движения рабочих органов станка» стр. 616.

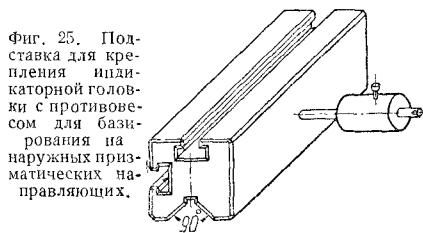


Фиг. 22. Подставка для крепления индикаторной головки с базированием от направляющих прямоугольной формы.

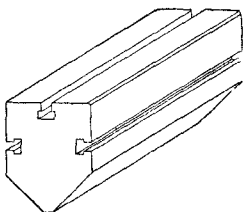
Фиг. 23. Подставка для
крепления индикатор-
ной головки с внешним
роликом.



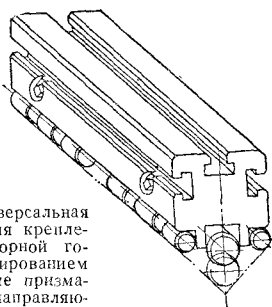
Фиг. 24. Подставка для крепления индикаторной головки с базированием на наружные призматические направляющие.



Фиг. 25. Подставка для крепления индикаторной головки с противосомом для базирования на наружных призматических направляющих.

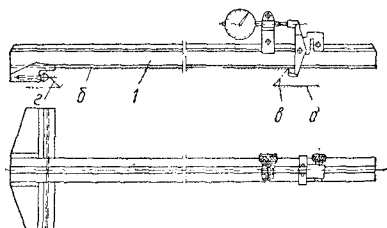


Фиг. 26. Подставка для крепления индикаторной головки с базированием на внутренние призматические направляющие.



Фиг. 27. Универсальная подставка для крепления индикаторной головки с базированием на внутренние призматические направляющие при помощи роликов.

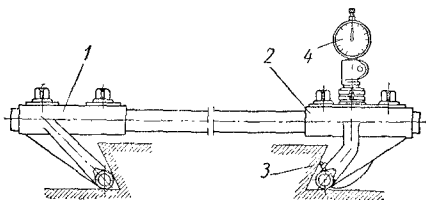
Корпус 1 приспособления базируется на верхней горизонтальной плоскости пришабровываемой детали. Пользоваться верхней горизонтальной плоскостью в качестве базы для приспособления можно лишь в тех случаях, когда данная деталь сопрягается с парной деталью по верхней горизонтальной плоскости *б* и по боковым



Фиг. 28. Приспособление с настраиваемой индикаторной головкой, базирующееся по верхней горизонтальной плоскости.

плоскостям g и $в$, а между нижней горизонтальной плоскостью $д$ и соответствующей плоскостью парной детали остается зазор.

На фиг. 29 представлено похожее на предыдущее приспособление, но с базированием на нижней горизонтальной плоскости. Приспособление головками 1 и 2

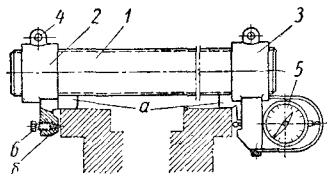


Фиг. 29. Приспособление с настраиваемой индикаторной головкой, базирующееся по нижней горизонтальной плоскости.

настраивают на проверяемый размер; пуговка 3 через систему рычагов передает отклонение от проверяемого размера на индикатор 4. Приспособление применяется для проверки параллельности плоскостей, находящихся одна от другой на расстоянии до 1000 мм. Вес приспособления около 5 кг.

На фиг. 30 представлено приспособление, состоящее из шлифованной трубы 1, на которую надеты две головки 2 и 3, закрепляемые болтами 4. Приспособление устанавливается на поверхность замеряемых деталей плоскостями *a*. Индикатор показывает величину непараллельности проверяемых плоскостей.

Приспособление предназначено для проверки параллельности плоскостей, удаленных одна от другой на большое расстояние (до 3 м). Замеры ведутся методом засечек, для чего приспособление устанавливается так, чтобы конец установоч-



Фиг. 30. Приспособление для проверки параллельности методом засечек.

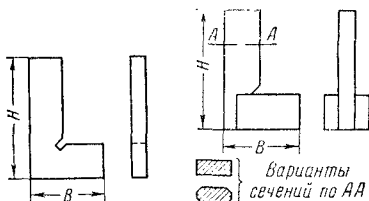
ного винта 6 упирался в базовую плоскость, а головке 3 сообщают качательное движение вокруг неподвижной точки б, улавливая наименьшие показания индикатора 5.

Приспособления для проверки перпендикулярности. Для проверки взаимной перпендикулярности плоскостей детали к оси узла применяется группа приспособлений, которые подразделяются на два вида: жесткие приспособления и приспособления с устанавливаемой плоскостью.

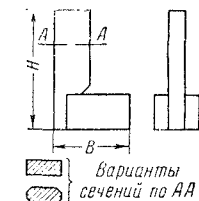
Контрольные жесткие приспособления. Угольники применяются для проверки взаимной перпендикулярности направляющих плоскостей, взаимной перпендикулярности осей узлов и проверки оборудования на точность.

Угольники выпускаются с углом 90° .

Угольники плоские (фиг. 31) выпускаются промышленностью 1-го, 2-го и 3-го классов точности, со сторонами



Фиг. 31. Угольник плоский.



Фиг. 32. Угольник с широким основанием.

размерами H и B 250×160 , 315×200 , 400×250 и 500×315 мм.

Угольники с широким основанием (фиг. 32) выпускаются 0-го, 1-го, 2-го и 3-го классов точности со сторонами размерами H , равной 250 и 315 мм, и B , равной 160 и 200 мм соответственно; 1-го, 2-го и 3-го классов точности со сто-

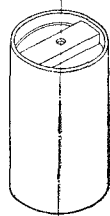
роной размерами H , равной 400, 500, 630, 800 и 1000 мм, и стороной B , равной 250, 315, 400, 500 и 630 мм соответственно; 2-го и 3-го классов точности со стороной размерами H , равной 1250, 1600 и 2000 мм, и стороной B , равной 800, 1000 и 1250 мм соответственно.

Твердость рабочих поверхностей угольников 0-го, 1-го и 2-го классов точности должна быть не ниже $R_C = 54$, а угольников 3-го класса не ниже $R_C = 45$.

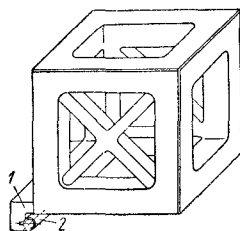
Контрольные цилиндры (фиг. 33) являются разновидностью контрольных угольников, цилиндры изготавливаются из стальных труб, закаливаются и доводятся с точностью до 0,004 мм. Цилиндр диаметром 160 мм и длиной в 350 мм весит около 14 кг. Контрольные цилиндры применяются и больших размеров.

Преимущества цилиндра перед угольником заключаются в простоте его изготовления и ремонта, устойчивости во время работы и жесткости конструкции.

Контрольные кубы (фиг. 34) являются наиболее универсальным приспособлением для проверки перпендикулярности. Контрольный куб изготавливается из чу-



Фиг. 33. Контрольный цилиндр.



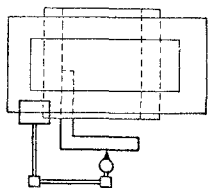
Фиг. 34. Контрольный куб.

гунной отливки. Все стороны куба отшлифованы и взаимно-перпендикулярны в пределах 0,005 мм на длине 300 мм.

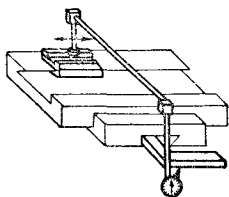
Кубом можно пользоваться во всех случаях, когда надо проверить взаимную перпендикулярность поверхностей деталей или узлов в горизонтальной или вертикальной плоскостях или в обеих плоскостях одновременно.

Плanka 1 с роликами 2 позволяет использовать куб при необходимости ориентироваться от боковой базовой поверхности. При размере сторон 300 мм контрольный куб весит около 60 кг.

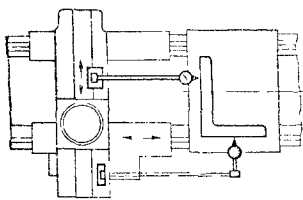
Примеры применения контрольных угольников цилиндра и куба приведены на фиг. 35—46.



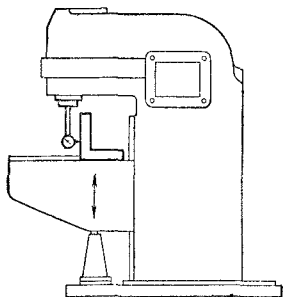
Фиг. 35. Проверка взаимной перпендикулярности плоскостей стола поперечно-строгального станка.



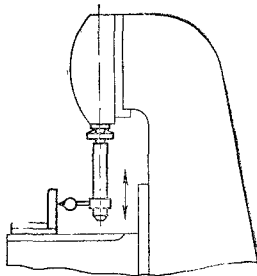
Фиг. 36. Проверка взаимной перпендикулярности направляющих суппорта шлифовальной головки бесцентрово-шлифовального станка.



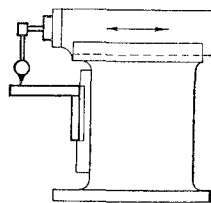
Фиг. 37. Проверка перпендикулярности направляющих салазок к направляющим станины токарного станка.



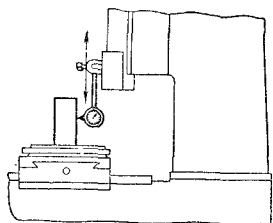
Фиг. 38. Проверка перпендикулярности направляющих консоли фрезерного станка с направляющим станины.



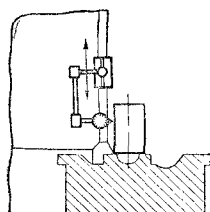
Фиг. 39. Проверка перпендикулярности направляющих фрезерной головки к консоли фрезерного станка.



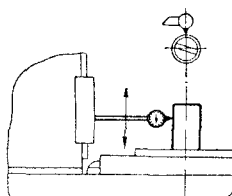
Фиг. 40. Проверка перпендикулярности направляющих салазок поперечно-строгального станка к направляющим стола.



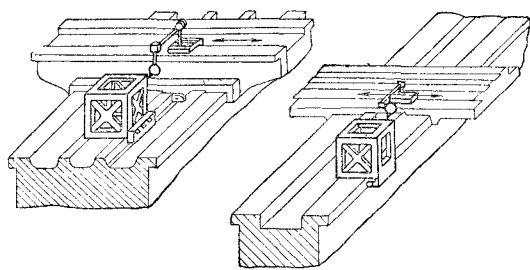
Фиг. 41. Проверка перпендикулярности движения ползуна к столу у долбежного станка.



Фиг. 42. Проверка перпендикулярности колонны к станине у расточного станка.

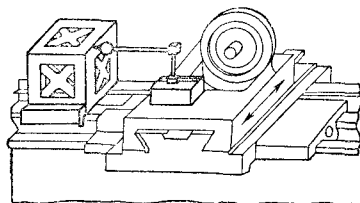


Фиг. 43. Проверка перпендикулярности направляющих колонны к столу у зубофрезерного станка.



Фиг. 44. Проверка перпендикулярности направляющих салазок к направляющим станины у долбежного станка.

Фиг. 45. Проверка перпендикулярности салазок стола к направляющим станины у расточного станка.

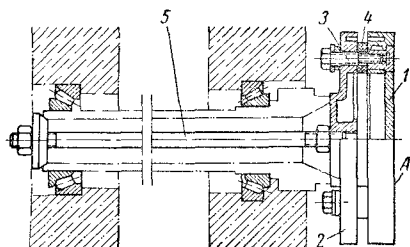


Фиг. 46. Проверка перпендикулярности перемещения каретки к направляющим станины у шлиф-фрезерного станка.

Приспособления с устанавливаемой плоскостью. Эта группа приспособлений позволяет материализовать плоскость, перпендикулярную к фактической оси вращения шпинделя или другой проверяемой детали такого типа.

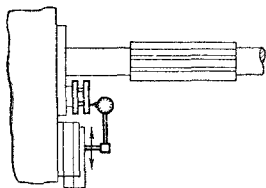
Наличие таких приспособлений дает возможность сложную задачу выверки перпендикулярности поверхности детали или узла по отношению к оси вращения детали привести к простой задаче проверки параллельности этой поверхности или узла зеркалу предварительно выверенной (на биеие) плоскости приспособления.

Устанавливаемый диск (фиг. 47) состоит из двух алюминиевых шайб 1 и 2,



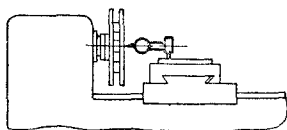
Фиг. 47. Устанавливаемый диск.

соединенных между собой тремя болтами 3. В местах соединения поставлены резиновые прокладки 4. Диск 2 может быть при-



Фиг. 48. Проверка перпендикулярности перемещения поперечного суппорта к оси шпинделя у шестিশпиндельного автомата при помощи устанавливаемого диска.

тянут стяжным болтом 5 к торцу шпинделя станка. Диск 1 устанавливается по индикатору так, чтобы плоскость A была

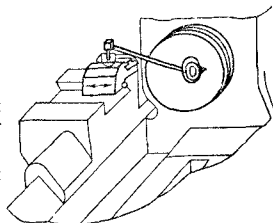


Фиг. 49. Проверка перпендикулярности перемещения суппорта к оси шпинделя у револьверного станка при помощи устанавливаемого диска.

перпендикулярна оси вращения шпинделя. Для этого, регулируя болты 3, добиваются, чтобы биеие поверхности A не превышало 0,01 мм.

Устанавливаемые диски изготавливаются различных размеров. Наибольший размер диска 335 мм (для производства заме-

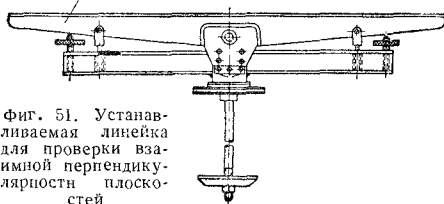
Фиг. 50. Проверка перпендикулярности направляющих переднего суппорта к оси шпинделя у многогорезцового токарного станка при помощи устанавливаемого диска.



ров по диаметру 300 мм). Такой диск, изготовленный из алюминиевого сплава, весит около 14 кг.

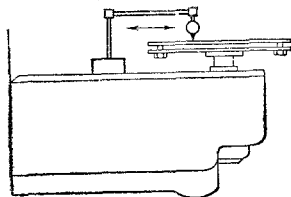
На фиг. 48—50 приведены примеры применения данного приспособления для различных выверок.

Устанавливаемая линейка (фиг. 51) применяется в тех случаях, когда предельный размер диска (300 мм) оказывается



Фиг. 51. Устанавливаемая линейка для проверки взаимной перпендикулярности плоскостей.

недостаточным для выполнения требуемой выверки. Линейка может быть изготовлена длиной до 1000 мм, ширина рабочей части линейки 25 мм. Линейку крепят к шпинделю станка.

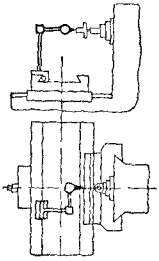


Фиг. 52. Проверка перпендикулярности направляющих станины к оси шпинделя у горизонтально-фрезерного станка при помощи устанавливаемой линейки.

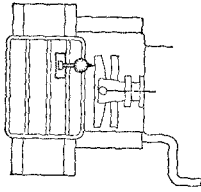
Подвижная часть 1 линейки выверяется таким же образом, как и диск.

Вес стальной линейки с рабочей плоскостью длиной 1000 мм около 9 кг.

На фиг. 52—54 приведены примеры применения устанавливаемой линейки для проведения различных выверок станков.



Фиг. 53. Проверка перпендикулярности направляющих салазок стола к оси шпинделя у горизонтально-фрезерного станка при помощи устанавливаемой линейки.



Фиг. 54. Проверка перпендикулярности перемещения стола к оси шпинделя у расточного станка при помощи устанавливаемой линейки.

Приспособления для проверки правильности положения осей деталей. Выверка положения оси шпинделя по отношению к станине или относительно осей других шпинделей или гнезд для крепления инструмента производится при помощи контрольных оправок. Существуют два вида оправок: жесткие и устанавливаемые оправки.

Жесткие оправки бывают консольными (с коническим хвостовиком) или центро-

выми, служащими для сверки центров или опор проверяемого станка.

Первый вид оправок применяется в тех случаях, когда внутри шпинделя или снаружи его имеется точная посадочная поверхность. Оправку выполняют так, чтобы одна ее часть соответствовала конусу шпинделя или какому-либо другому посадочному месту, а вторая часть (контрольная) представляла собой гладкую доведенную (не ниже $\nabla\nabla\nabla 9$) цилиндрическую поверхность.

В табл. 10 и 11 приведены конструкции оправок, применяемых в настоящее время в промышленности. При производстве точных замеров необходимо вносить поправки, учитывающие прогиб оправок под действием собственного веса. Величины прогиба приведены в табл. 10—12.

Устанавливаемые оправки позволяют материализовать ось вращения шпинделя или другой подобной детали. Такие оправки исключают влияние на результаты проверки точностей конуса шпинделя; они применяются чаще всего для проверки параллельности оси шпинделя направляющим станины. Одна из конструкций устанавливаемых оправок приведена на фиг. 55.

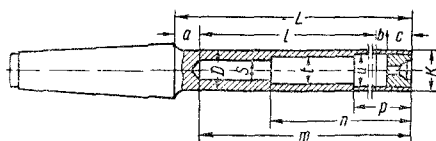
Оправка притягивается фланцем 2 к торцу шпинделя проверяемого станка при помощи струны 3, пропущенной сквозь шпиндель. Вращая шпиндель, устанавли-

10. Размеры цилиндрических оправок с конусным хвостом и величины их прогиба

Наружный диаметр оправки D	Внутренний диаметр оправки (диаметр расточки) d	Общая длина цилиндрической части оправки L	Измерительная длина оправки l	Хвост—конус Морзе №	Стрела прогиба на конце в мм
в мм					
16	0 (сплошная оправка)	150	130	0*, 1* и 2	1,3
25	0 (сплошная оправка)	250	230	3* и 4	4,3
25	19	250	230	3* и 4	3,0
25	0 (сплошная оправка)	315	295	3* и 4	9,6
40	0 (сплошная оправка)	375	350	5 и 6	7,8
40	34	375	350	5 и 6	5,8
65	0 (сплошная оправка)	555	525	6	19,8

Примечание. Больший диаметр конуса должен быть не менее наружного диаметра оправки, поэтому конусы, отмеченные звездочкой, применяются в случаях крайней необходимости.

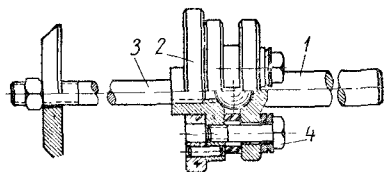
11. Размеры полых цилиндрических оправок с конусным хвостом и величины их прогиба



Наружный диаметр оправки D	Общая длина цилиндрической оправки L	Измерительная длина оправки l	Хвост—конус Морзе №	a	b	c	k	m	n	p	s	t	u	Стрела прогиба на конус в мк
в мм				в мм										
25	230	200	2*, 3* и 4	5	5	20	24	—	230	150	—	13	19	3
40	345	300	4*, 5 и 6	10	10	25	39	340	250	165	19	29	34	6
65	550	500	5* и 6	10	10	30	64	540	400	250	38	48	50	12

Примечание. Большой диаметр конуса Морзе должен быть не менее наружного диаметра оправки, поэтому конусы, отмеченные звездочкой, применяются только в случае крайней необходимости.

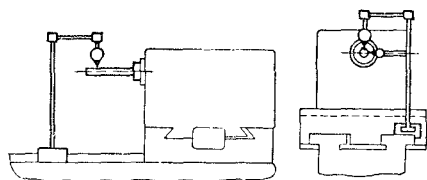
вливают, подвертывая болты 4, контрольную часть 1 оправки (выверяют на бие-ние) с точностью до 0,01 мм.



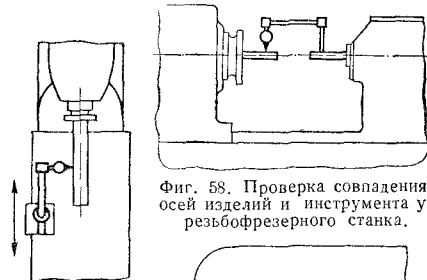
Фиг. 55. Устанавливаемая оправка.

12. Прогиб цилиндрических оправок длиной 1000 мм при установке их в центрах

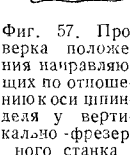
Наружный диаметр оправки в мм	Внутренний диаметр оправки (диаметр расточки) в мм	Стрела прогиба по середине в мк
75	0 (сплошная оправка)	13,2
80	0 (сплошная оправка)	11,6
80	50	8,4
80	60	7,5
100	0 (сплошная оправка)	7,4
100	60	5,5
100	80	4,5
125	0 (сплошная оправка)	4,8
125	80	3,4
125	100	2,9



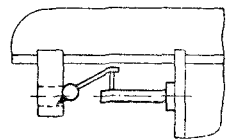
Фиг. 56. Проверка правильности расположения оси шпинделя по отношению к направляющим поверхностям станины.



Фиг. 58. Проверка совпадения осей изделий и инструмента у резьбофрезерного станка.

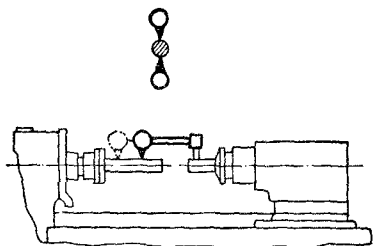


Фиг. 57. Проверка положения направляющих по отношению к оси шпинделя у вертикально-фрезерного станка.

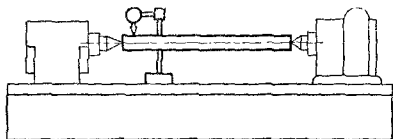


Фиг. 59. Проверка совпадения осей шпинделя и гнезда поддерживающего кронштейна горизонтально-фрезерного станка.

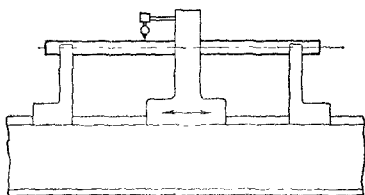
На фиг. 56—66 приведены примеры применения жестких и устанавливаемых оправок при проверке станков.



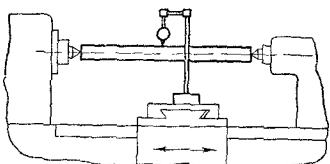
Фиг. 60. Проверка совпадения осей шлифовального шпинделя и шпинделя изделия внутришлифовального станка.



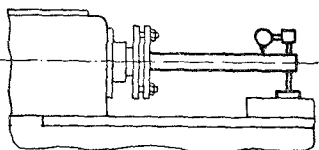
Фиг. 61. Проверка центров делительной головки и задней бабки у шлицефрезерного станка.



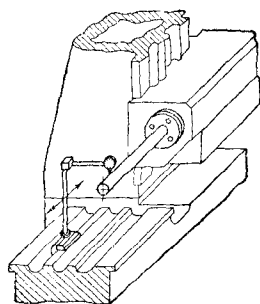
Фиг. 62. Проверка осей призм поддерживающих кронштейнов изделия у токарного станка для обточки шеек.



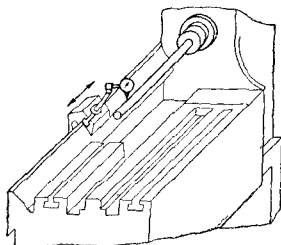
Фиг. 63. Проверка соосности передней и задней бабок у токарно-винторезного станка.



Фиг. 64. Проверка положения оси передней бабки револьверного станка по отношению к направляющим станины.



Фиг. 65. Проверка положения оси шпинделя к направляющим станины у расточного станка.

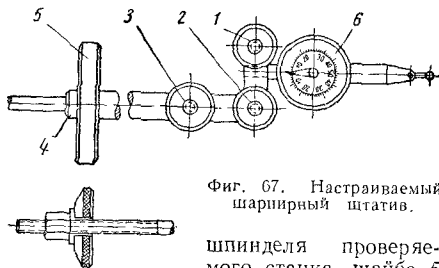


Фиг. 66. Проверка положения оси шпинделя по отношению направляющих станины у много-резцового токарного станка МТ-30.

Настраиваемый шарнирный штатив. Для различных выверок соосности, осуществляемых с помощью рычажного индикатора, применяется шарнирный штатив (фиг. 67).

Применение штатива позволяет обходиться без специальных жестких оправок.

Штатив имеет три шарнира 1, 2 и 3. Стержень 4 пропускается в отверстие

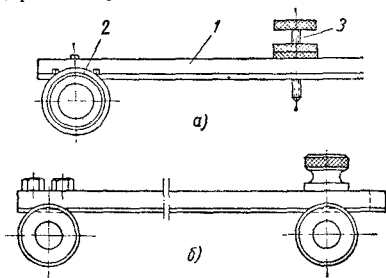


Фиг. 67. Настраиваемый шарнирный штатив.

шпинделя проверяемого станка, шайба 5 фиксируется на стержне 4, определяя этим длину выдвинутой части стержня. Шайба 5 с помощью струны пригнчивается к торцу шпинделя проверяемого станка. Шарниры 1, 2 и 3 позволяют придавать индикатору 6 нужное положение.

Приспособления для проверки спиральной извернутости станин. Наличие спиральной извернутости станин продольно-

строгальных, продольно-фрезерных и продольно-шлифовальных станков нарушает точность работы этих станков и является одной из основных причин задирав направляющих станин и столов.



Фиг. 68. Приспособления для проверки спиральной извернутости станин: а — с одним роликом и опорным винтом; б — с двумя роликами.

Проверку величины спиральной извернутости удобно производить с помощью специальных приспособлений. На фиг. 68 приведены два варианта таких приспособлений. Приспособление представляет собой линейку 1 с прикрепленными к ней опорами. На линейку устанавливается прецизионный рамный уровень. Вариант а приспособления имеет в качестве одной опоры ролик 2, вписываемый в призму направляющей, второй опорой является винтовой упор 3, который своей пяткой опирается на плоскую направляющую станины. В линейке 1 профрезерован паз, вдоль которого при установке перемещается винтовой упор 3.

Вариант б предназначен для проверки станин с двумя V-образными направляющими.

Для проверки спиральной извернутости приспособление вместе с установленным на нем уровнем перемещается вдоль станины. Уровень показывает величину и направление спиральной извернутости.

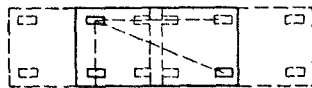
Приспособление, имеющее длину около 600 мм, весит 7—8 кг.

МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ТОЧНОСТИ СТАНКОВ

Проверка плоскостности рабочих органов станков, несущих обрабатываемое изделие (столов, плит, планшайб)

Неплоскостность определяется как величина наибольшего отклонения проверяемой поверхности от плоскости. Методы проверки плоскостности см. стр. 588.

В отдельных случаях (главным образом у тяжелых станков) проверка плоскостности производится при нагружении проверяемой детали (стола, планшайбы) обрабатываемыми деталями (фиг. 69).



Фиг. 69.

Столы, свешивающиеся во время перемещения с базовой направляющей (например, у консольно-фрезерных станков), желательно проверять на плоскостность их рабочей поверхности в трех положениях: в среднем и двух крайних.

Столы (плиты) точных станков в случае их вращения желательно проверять на плоскостность рабочей поверхности не менее чем в двух их взаимно-перпендикулярных положениях.

Проверка прямолинейности движения рабочих органов станка, несущих обрабатываемое изделие и режущий инструмент

Непрямолинейность движения определяется как величина наибольшего отклонения от прямой линии траектории поступательно движущихся точек рабочих органов.

Прямолинейность движения, проверяемая в вертикальной плоскости

Проверка с помощью уровня. Уровень закрепляется на перемещающейся части станка (желательно в середине, на линии основной оси перемещающейся части) непосредственно на ее поверхности или на мостике (фиг. 70).

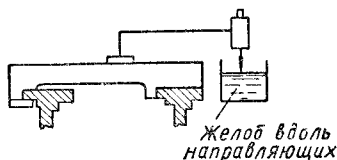


Фиг. 70.

Погрешность определяется наибольшей ординатой точек траектории движения проверяемого объекта от прямой, определяемой следующим образом. Во время перемещения проверяемой части станка производят учет отклонений показаний уровня на заданной длине хода от первоначального положения, принятого за исходное. По показаниям уровня строят график кривой движения, по которому

определяют наибольшую величину отклонения уровня от исходной прямой.

Проверка по уровню жидкости*. Жидкость помещается в желобе, расположенном вдоль направления движения проверяемой части. На перемещающейся части станка укрепляется устройство с прибором для измерения вертикальных перемещений, мерительный штифт прибора касается уровня жидкости (фиг. 71)).

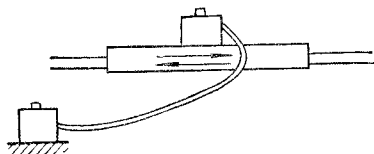


Фиг. 71.

Мерительный штифт прибора должен иметь форму, обеспечивающую наименьшее сцепление с жидкостью.

Погрешность определяется по аналогии с вышеуказанным. График строится по показаниям прибора. В случае перемещений свыше 10 м необходимо учитывать стрелу прогиба уровня жидкости.

Проверка с помощью сообщающихся сосудов. На перемещающейся части станка



Фиг. 72.

укрепляется гидростатическая головка, соединенная по принципу сообщающихся сосудов с аналогичной головкой, помещенной на неподвижной части (например, на подставке фиг. 72).

Погрешность определяется по аналогии с вышеуказанным. График строится по показаниям прибора.

Проверка оптическими средствами измерения. Проверка с помощью коллиматора и зрительной трубы. Коллиматор устанавливается на перемещающейся части станка (фиг. 73), а рядом неподвижно устанавливается зрительную трубу, посредством которой производят наблюдение за коллиматором.

Объективы коллиматора и зрительной трубы расположены так, что в начале и в конце перемещения на заданную длину

пучок света, исходящий из коллиматора, пересекает в одном и том же месте штриховую пластинку зрительной трубы.

В случае углового смещения коллиматора от выбранного направления произойдет смещение изображения штрихов штриховой пластинки коллиматора по отношению к штрихам пластинки зрительной трубы.

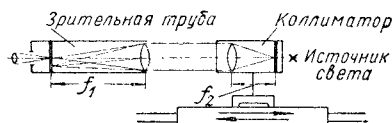
При перемещении проверяемой части в случае отклонения от прямолинейности движения будут наблюдаться указанные выше смещения. Величина смещения определяется с помощью окуляр-микроскопа, которым снабжается зрительная труба.

Во время перемещения проверяемой части станка измерения ведутся непрерывно. По замеренным величинам смещения Δs определяют угловое смещение проверяемой части

$$\Delta s = f_1 \theta,$$

где f_1 — фокусное расстояние объектива трубы; θ — искомое угловое смещение.

По полученным угловым показаниям строится график; дальнейшая обработка результатов замера производится аналогично проверке по уровню**.



Фиг. 73.

Проверка с помощью автоколлиматора. На перемещающейся части укрепляется плоское зеркало, отражающее пучок света, посылаемый коллимационным устройством (фиг. 74). Зеркало и объектив коллимационного устройства расположены так, что в начале и в конце перемещения на заданную длину пучок света пересекает в одном и том же месте штриховую пластинку прибора. В случае углового смещения зеркала от выбранного направления произойдет смещение изображения

* О проверке по уровню жидкости см. также в разделе «Проверка прямолинейности направляющих» на стр. 606.

** О применении оптических средств измерения см. также в разделе «Проверка прямолинейности направляющих» на стр. 607.

на Δs , которое определяется из соотношения

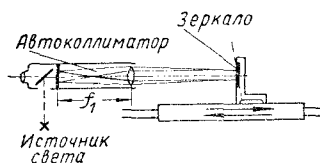
$$\Delta s = 2f_1\theta_1,$$

где f_1 — фокусное расстояние объектива прибора; θ_1 — искомый угол смещения зеркала.

Величина смещения определяется с помощью окуляр-микроскопа, которым снабжается прибор.

Во время перемещения проверяемой части станка измерение ведется непрерывно. По замеренным величинам Δs определяется θ_1 .

По полученным угловым показаниям строится график; дальнейшая обработка

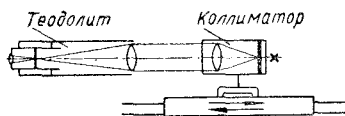


Фиг. 74.

результатов замера производится аналогично проверке по уровню.

Проверка с помощью теодолита и коллиматора. Коллиматор устанавливается на перемещающейся части станка, а рядом неподвижно устанавливается теодолит, который используется как зрительная труба (фиг. 75). Проверка осуществляется аналогично предыдущим.

Угловые смещения от исходной прямой находятся непосредственно с помощью угловой шкалы теодолита.



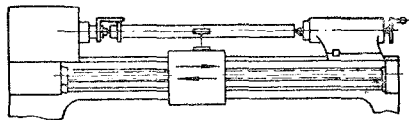
Фиг. 75.

При угловом смещении коллиматора теодолит поворачивают в обратную сторону на тот же угол.

Прямолинейность движения, проверяемая в горизонтальной плоскости

Проверка с помощью оправки и индикатора (миниметра). Индикатор (миниметр) укрепляется на перемещающейся части станка так, чтобы его мерительный штифт касался боковой образующей оправки, представляющей базовую линию (фиг. 76).

Оправка закреплена между неподвижными соосными центрами, ось которых совпа-



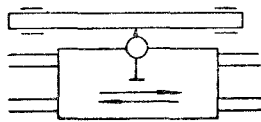
Фиг. 76.

дает с направлением движения проверяемой части станка (например, оправка закреплена между центрами передней и задней бабок у токарного станка при проверке прямолинейности продольного движения суппорта). При этом показания прибора по концам оправки должны быть одинаковыми.

В целях исключения влияния погрешностей оправки на результаты измерения, желательно проверку производить несколько раз: оправка после первого замера поворачивается на 180° , а после второго замера переставляется в центры, после чего делаются два аналогичных замера. Погрешность определяется средней арифметической наибольших показаний прибора.

Метод применим для проверки перемещений до 3000 мм.

Проверка с помощью линейки и индикатора (миниметра). Индикатор (миниметр) укрепляется на перемещающейся части станка (фиг. 77). Мерительный штифт



Фиг. 77.

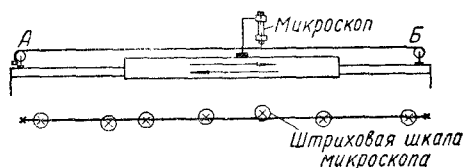
прибора касается вертикальной грани линейки, закрепленной неподвижно и представляющей базовую линию. При этом в целях избежания пересчетов показания прибора линейка выставляется так, чтобы по концам линейки показания приборов были одинаковы.

Погрешность определяется наибольшей разностью показаний приборов.

Метод применим для проверки перемещений до 1500 мм.

Проверка с помощью струны и микроскопа. Стальная проволока или шелковая нить натягивается приблизительно параллельно направлению движения

(фиг. 78). Микроскоп укрепляется на перемещающейся части станка. На концах *А* и *Б* проволоки штриховая линия пластинки окуляра совмещена с одной из боковых образующих проволоки.



Фиг. 78.

Погрешность определяется наибольшим смещением штриховой линии микроскопа от боковой образующей проволоки при перемещении рабочего органа в заданном направлении. Метод применим для проверки перемещений более 1500 мм*.

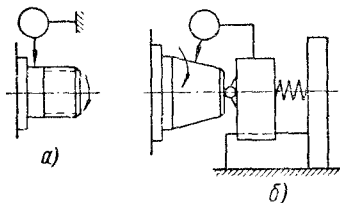
Проверка с помощью коллиматора, автоколлиматора или теодолита и коллиматора. Проверка производится аналогично проверке в вертикальной плоскости.

Проверка правильности вращения рабочих органов станка, несущих обрабатываемое изделие или инструмент

Проверка на радиальное биеение. Радиальное биеение определяется как наибольшая разность расстояний от проверяемой поверхности до оси ее вращения.

Радиальное биеение проверяется следующими методами:

а) с помощью индикатора (миниметра) непосредственно по проверяемой поверхности. Индикатор (миниметр) укрепляется



Фиг. 79.

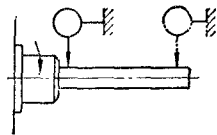
неподвижно рядом с проверяемым объектом так, чтобы его мерительный штифт касался проверяемой поверхности и

был перпендикулярен к образующей (фиг. 79, а).

В целях исключения влияния осевого биеения на результаты замера при проверке по конусной поверхности (при большой конусности) применяется специальное приспособление, в котором закрепляется индикатор (фиг. 79, б). С помощью пружины обеспечивается стабильность положения мерительного штифта прибора по отношению к поперечному сечению проверяемой поверхности. Погрешность определяется наибольшей разностью показаний прибора;

б) с помощью индикатора (миниметра) и оправки. В проверяемое отверстие вставляется оправка. Мерительный штифт прибора касается поочередно образующей оправки в двух точках, расположенных на заданном расстоянии от торца (фиг. 80).

В целях исключения влияния погрешностей установки оправки на результаты замера измерение производится не менее 3 раз, для чего оправку удаляют из отверстия и вновь вставляют, повернув ее предварительно на угол $60-90^\circ$.

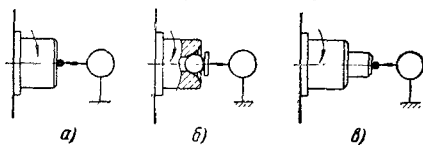


Фиг. 80.

При каждом положении оправки замер отклонения производится дважды: в вертикальной и горизонтальной плоскостях. В этом случае погрешность определяется средней арифметической наибольших показаний прибора в каждом из заданных сечений.

Проверка на осевое биеение. Осевое биеение определяется как наибольшее возвратно-поступательное перемещение проверяемого объекта вдоль оси его вращения в период полного его оборота вокруг этой оси. Осевое биеение проверяется следующими методами:

а) с помощью индикатора (миниметра) с использованием упорного шарика или оправки. Индикатор (миниметр) укрепляется неподвижно рядом с проверяемым



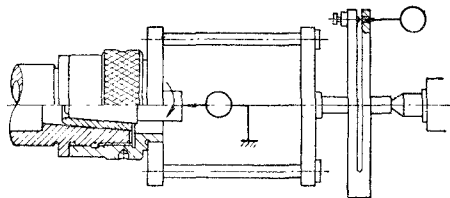
Фиг. 81.

объектом (шпинделем, столом) так, чтобы его мерительный штифт касался торца

* О технике выполнения проверок при помощи струны и микроскопа см. также в разделе «Проверка прямолинейности направляющих» на стр. 607.

проверяемого объекта у его центра (фиг. 81, а); при наличии центрового отверстия — шарика, вставленного в центровое отверстие проверяемого объекта (фиг. 81, б), или торца короткой оправки, вставленной в отверстие, у ее центра (фиг. 81, в).

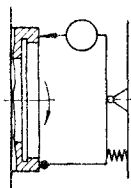
Проверка производится после выборки осевого рабочего зазора при осевом нагружении объекта с помощью соответствующих силовых устройств (фиг. 82),



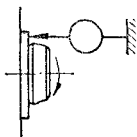
Фиг. 82.

а на тяжелых стапках — путем требуемой затяжки упорных подшипников. В отдельных случаях осуществляется поочередное нагружение в двух противоположных направлениях. При вертикальном расположении

оси проверяемого



Фиг. 83.



Фиг. 84.

объекта такое нагружение осуществляется весом самого объекта (в отдельных случаях производится нагружение обрабатываемыми деталями, например, при проверке крупных зубофрезерных станков).

При проверке осевых биений ходовых винтов возможно ограничиться давлением, осуществляемым перемещающимися частями (например, суппортом);

б) с помощью специального приспособления, снабженного индикатором (миниметром). Мерительный штифт прибора касается торца проверяемого объекта. Путем использования в приспособлении коленчатой оправки (фиг. 83), один конец которой связан с прибором, а другой упирается в торец, исключается влияние биения торца на результаты замера.

Погрешность определяется наибольшей разностью показаний прибора.

Проверка на торцевое биение. *Торцевое биение* определяется как наибольшая разность измеренных параллельно оси проверяемой торцевой поверхности расстояний до плоскости, перпендикулярной к оси вращения. Торцевое биение определяется с помощью индикатора или миниметра следующим образом.

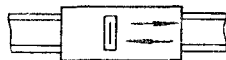
Индикатор (миниметр) укрепляется неподвижно рядом с проверяемым объектом так, чтобы его мерительный штифт касался проверяемой поверхности на заданном расстоянии от центра и был к ней перпендикулярен (фиг. 84). Необходимо обеспечивать осевое нагружение (см. фиг. 82).

Проверка производится при расположении мерительного штифта прибора не менее чем в двух диаметрально противоположных точках проверяемой торцевой поверхности. Погрешность определяется наибольшей разностью показаний прибора.

Проверка параллельности опорной поверхности своему первоначальному положению

Проверка заключается в определении величины перекоса, т. е. наибольшего углового отклонения от исходного положения горизонтальной опорной поверхности при ее перемещении.

Проверка производится при помощи уровня, который укрепляется на перемещающейся части станка (фиг. 85) так, чтобы пузырек ампулы был перпендикулярен направлению перемещения.



Фиг. 85.

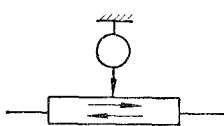
Погрешность определяется наибольшей разностью показаний уровня на заданной длине хода.

Проверка параллельности движения

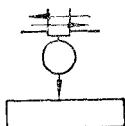
Непараллельность траектории движения проверяемого объекта плоскости определяется как наибольшая разность расстояний от точек траектории движения до базовой поверхности (до оси, до следа пересечения плоскостей или до другой траектории движения).

Проверка параллельности траектории движения и плоскости с помощью индикатора (миниметра). 1) индикатор (миниметр) укрепляется на неподвижной части так, чтобы его мерительный штифт касался

рабочей поверхности перемещающейся части станка (например, проверка параллельности рабочей поверхности стола направлению его перемещения—фиг. 86); 2) индикатор (миниметр) укрепляется на перемещающейся части так, чтобы его мерительный штифт касался базовой поверхности, относительно которой производится проверка (например, проверка параллельности движения суппорта продольно-строгольного станка по попере-



Фиг. 86.

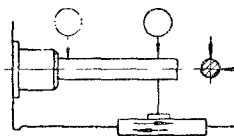


Фиг. 87.

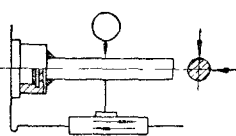
phine рабочей поверхности стола — фиг. 87); погрешность определяется наибольшей разностью показаний прибора при заданном перемещении проверяемого объекта.

Проверка параллельности траектории движения и оси с помощью индикатора (миниметра) и оправки. Индикатор (миниметр) укрепляется на перемещающейся части так, чтобы его мерительный штифт касался образующей оправки, выверенной по отношению проверяемой оси одним из следующих способов:

при наличии центрального отверстия оправка вставляется в него (фиг. 88);



Фиг. 88.

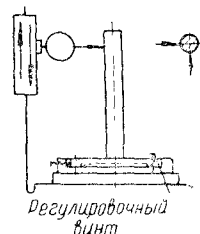


Фиг. 89.

при отсутствии отверстия оправка надевается центрирующей втулкой на центрирующий пояс, ось которого является проверяемой осью (фиг. 89).

Если оправка может вращаться (например, посредством вращения шпинделя стола), то проверка производится при двух положениях оправки: после первого замера оправка поворачивается на 180° . Если оправка не вращается, то проверка производится не менее чем при трех положениях оправки, для чего она вынимается и вновь вставляется в отверстие или снимается и вновь надевается на центрирующий пояс.

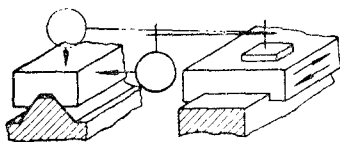
При невозможности укрепить оправку в отверстии или на центрирующем пояске оправка с помощью устройства с регулирующими винтами на фланце укрепляется на торцевой поверхности, ось которой является проверяемой осью (фиг. 90) и выверяется по отношению к этой оси.



Фиг. 90.

Погрешность определяется средней арифметической результатов замеров отклонений в заданной плоскости при перемещении индикатора (миниметра) на заданную длину хода вместе с проверяемой частью станка.

Проверка параллельности траектории движения и следа пересечения двух плоскостей с помощью индикатора (миниметра) и ползушки. Индикатор (миниметр) укрепляется на перемещающейся части (фиг. 91) так, чтобы его мерительный штифт

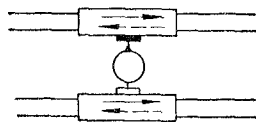


Фиг. 91.

касался поверхности ползушки в заданной плоскости, параллельной следу пересечения плоскостей.

Погрешность определяется наибольшей разностью показаний прибора при перемещении проверяемой части станка на заданную длину.

Проверка параллельности двух траекторий движения одна относительно другой с помощью индикатора (миниметра) и упора. Индикатор (миниметр) укрепляется на одной из перемещающихся частей так, чтобы его мерительный штифт касался



Фиг. 92.

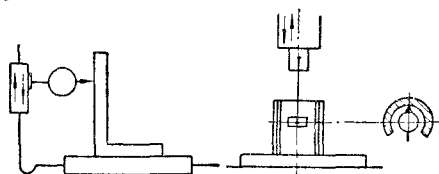
упора, укрепленного на другой перемещающейся части, принимаемой за базовую (фиг. 92).

Погрешность определяется наибольшей разностью показаний прибора при перемещении проверяемых частей на заданную длину или при последовательном их перемещении на заданную длину.

Проверка перпендикулярности движения

Неперпендикулярность траектории рабочих органов плоскости, оси или следу пересечения плоскостей определяется как наибольшее отклонение угла, образованного траекторией движения и базовой плоскостью (осью или следом пересечения поверхностей) от прямого угла в заданном направлении.

Проверка перпендикулярности траектории движения и плоскости с помощью индикатора (миниметра) и угольника. Индикатор (миниметр) укрепляется на перемещающейся части станка так, чтобы



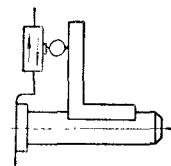
Фиг. 93.

Фиг. 94.

его мерительный штифт касался рабочей грани угольника, установленного на проверяемой поверхности в заданной плоскости (фиг. 93 и 94).

Погрешность определяется наибольшей разностью показаний прибора на заданной длине перемещения.

Проверка перпендикулярности траектории движения и оси с помощью индикатора (миниметра), угольника и оправки. Индикатор (миниметр) укрепляется на перемещающейся части так, чтобы его мерительный штифт касался рабочей грани угольника, укрепленного в заданной плоскости на выверенной по отношению проверяемой оси оправки (фиг. 95).



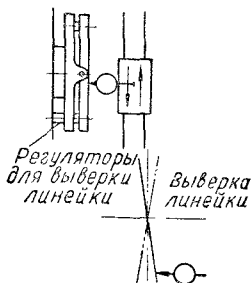
Фиг. 95.

Если оправку можно поворачивать, то проверку в каждой из заданных плоскостей производят 2 раза: после первого замера оправка поворачивается на 180° . Если оправка не вращается, то проверка производится не менее чем в трех положениях оправки, для чего оправка выни-

мается из отверстия или снимается с центрирующего пояска и вновь после поворота ее на $60-90^\circ$ возвращается в принятое для нее положение.

Погрешность определяется средней арифметической результатов замеров отклонений в заданной плоскости при перемещении индикатора (миниметра) на заданную длину хода вместе с проверяемой частью станка.

Проверка перпендикулярности траектории движения и оси с помощью индикатора (миниметра) и регулируемой линейки. Индикатор (миниметр) укрепляется на



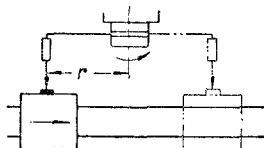
Фиг. 96.

перемещающейся части так, чтобы его мерительный штифт касался рабочей грани регулируемой линейки (фиг. 51 на стр. 612), выверенной на перпендикулярность путем поворота на 180° по отношению к проверяемой оси (фиг. 96).

Погрешность определяется, как и при проверке с помощью угольника и индикатора.

Вместо регулируемой линейки может быть использован регулируемый диск (фиг. 47 на стр. 612).

Проверка перпендикулярности траектории движения и оси с помощью перекидного индикатора (миниметра). Индикатор (миниметр) укрепляется на коленчатой оправке с плечом r , связанной с валом (шпинделем), относительно оси которого производится проверка перпендикулярности траектории движения (фиг. 97).



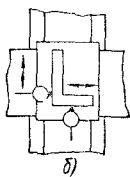
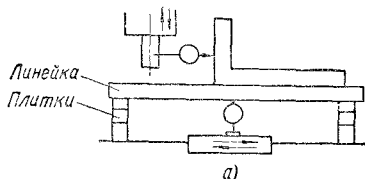
Фиг. 97.

Мерительный штифт индикатора (миниметра) касается упора, установленного

на движущейся части. Затем поворотом вала (шпинделя) на 180° прибор перемещается в положение, находящееся на расстоянии $2r$ от первоначального, в направлении перемещения движущейся части. В это же положение перемещается и упор.

Погрешность определяется как разность показаний прибора в двух указанных положениях, отнесенная к заданной длине хода ($2r$).

Проверка перпендикулярности двух траекторий движения с помощью одного или двух индикаторов (миниметров) и угольника. Индикатор (миниметр) укрепляется на одной из перемещающихся



Фиг. 98.

частей так, чтобы его мерительный штифт касался рабочей грани угольника (фиг. 98, а и б). Эта рабочая грань устанавливается параллельно траектории движения в заданном направлении рассматриваемой части станка. Второй индикатор (миниметр) (или использованный ранее) укрепляется на второй перемещающейся части станка так, чтобы его мерительный штифт касался второй рабочей грани угольника.

Угольник может быть укреплен на одной из перемещающихся частей, при этом одна из его рабочих граней устанавливается параллельно направлению движения этой части.

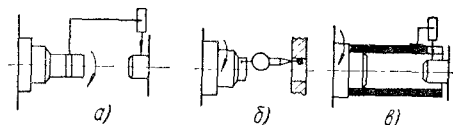
Погрешность определяется наибольшей разностью показаний прибора на заданной длине хода с учетом погрешности угольника.

Проверка взаимного расположения осей

Проверка совпадения осей. Несовпадение осей определяется как наибольшее расстояние между ними в пределах заданной длины.

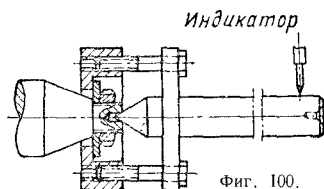
Проверка производится методами, применяющимися для контроля несов-

падения осей цилиндрических поверхностей деталей. При проверке оправка базовой оси неподвижна, а оправка проверяемой оси вращается вместе с прибором (фиг. 99, а и б).



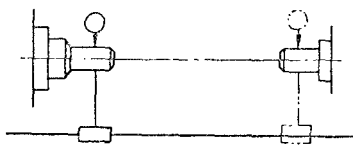
Фиг. 99.

Возможно применение устанавливаемой оправки (фиг. 100).



Фиг. 100.

Проверка совпадения осей может производиться также замером расстояний между ними и вспомогательной базой. Для этого в отверстие вставляются оправки одинакового диаметра (фиг. 101).



Фиг. 101.

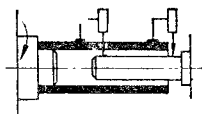
С помощью индикатора (миниметра) измеряется расстояние от вспомогательной базы, параллельной проверяемым осям, до образующих проверяемых оправок. Замеры производятся не менее чем в двух положениях оправки, обеспечиваемых путем вращения или перестановки оправки.

Погрешность определяется наибольшей разностью показаний прибора.

Проверка параллельности осей. Непараллельность осей определяется как наибольшая разность расстояний между осями на заданной длине, в заданной плоскости.

Проверка параллельности осей вращения производится методами, приведенными на стр. 594—595. На фиг. 102 показана проверка с помощью оправки и двух индикаторов, отстоящих один от другого на заданной длине.

Для исключения влияния погрешности оправки и неточности ее выверки по отношению к проверяемой оси необходимо проверку проводить не менее 3 раз, для чего оправку вынимают из отверстия и вновь вставляют. При этом одна из осей принимается за базовую.



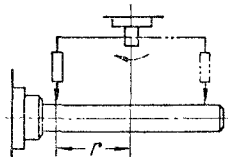
Фиг. 102.

Проверка перпендикулярности осей вращения. Неперпендикулярность осей определяется как наибольшее отклонение угла, образованного осями от прямого.

Проверка перпендикулярности осей производится методами, приведенными на стр. 596. На фиг. 103 показана проверка с помощью цилиндрической оправки и колесчатой оправки с индикатором.

При этом оправка базовой оси неподвижна, и оправка проверяемой оси вращается вместе с прибором.

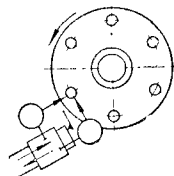
Для исключения влияния осевого биения можно использовать одновременно два прибора, укрепляемых на двусторонней колесчатой оправке.



Фиг. 103.

Погрешность определяется наибольшей разностью показаний приборов на заданной длине, равной $2r$, при повороте оправки на 180° из первоначального положения.

Точность углового индексирования. Неточность последовательных угловых положений, получающаяся в результате погрешностей индексирования, определяется как наибольшее угловое отклонение радиусов движущихся точек от теоретического положения при угловом индексировании.



Фиг. 104.

Точность углового индексирования проверяется следующим образом. На торце индексированного стола (блока и т. п.) в местах фиксации на одной окружности на заданном расстоянии друг от друга укрепляются роликовые упоры (оправки) одинакового диаметра (фиг. 104). Индикатор (миниметр) укрепляется так, чтобы его мерительный штифт касался

образующей одного из упоров (оправки). Стол (блок) последовательно фиксируется в заданных положениях с помощью соответствующих устройств. Одновременно производятся замеры показаний прибора.

Проверка производится в двух перпендикулярных плоскостях одновременно двумя приборами или одним последовательно. Чтобы избежать столкновения мерительного штифта прибора с поворачивающимся вместе со столом (блоком) упором (оправкой), прибор отводят после проведения измерения от упора (оправки) путем перемещения соответствующей части станка (например, суппорта), на которой укреплен прибор. После фиксации стола (блока) прибор снова подводится в первоначальное положение.

Погрешность определяется наибольшей алгебраической разностью показаний прибора в каждой плоскости.

Неточность угловых положений при индексировании может определяться также при помощи некоторых приборов, применяющихся для проверки кинематической точности станков, например при помощи теодолита и коллиматора и др. (см. ниже стр. 634).

ПРОВЕРКА КИНЕМАТИЧЕСКОЙ ТОЧНОСТИ СТАНКОВ¹

Геометрические и кинематические ошибки станков

Все ошибки станка, влияющие на точность обработки, могут быть разделены на две категории:

1) ошибки из-за неточностей деталей, определяющих взаимное расположение и траектории движения рабочих органов станка, или геометрические ошибки;

2) суммарные ошибки кинематических цепей, или кинематические ошибки.

К числу *геометрических ошибок* станков относятся: а) нарушения геометрически заданных направлений движений, вызываемые неправильностями формы и относительного расположения прямолинейных и криволинейных направляющих; б) нарушения геометрически заданных траекторий, обусловленные неточностью направляющих, положением упоров, погрешностями шкал и т. п., а также связанные с зазорами в подшипниках, определяющих пространственное положение рабочих органов станка (стола, суппорта, фрезерной оправки, штосселя и т. д.).

¹ О способах повышения кинематической точности станков см. в гл. I, стр. 290—297.

Под *кинематическими ошибками* понимаются все нарушения заданных относительных движений (по геометрически заданным траекториям) деталей и узлов в целом, являющихся конечными звеньями кинематических цепей.

Таким образом, к числу кинематических ошибок станков относятся все нарушения точной работы кинематических цепей, при посредстве которых осуществляется взаимная связь во времени элементарных дозволённых движений и обеспечивается точность относительных перемещений инструмента и обрабатываемой заготовки, необходимая для точного формирования изделия.

Соответственно указанному, контроль точности таких станков, как например, зуборезные или винторезные, должен слагаться из двух этапов: 1) контроля геометрической точности станка, ставящего своей целью выявление его геометрических ошибок и 2) контроля кинематической точности станка, задачей которого является определение кинематических ошибок.

Контроль геометрической точности станков может быть только поэлементным, поскольку геометрические ошибки станка в отрыве от его кинематических ошибок не создают какого-либо комплекса, поддающегося контролю как единое целое. Поэтому стремление к максимальной детализации геометрического контроля является всегда оправданным.

В отличие от геометрических ошибок кинематические ошибки станков, как ошибки их кинематических цепей, определяются часто самостоятельно, т. е. изолированно от ошибок геометрических, и рассматриваются комплексно.

В той степени, в какой это практически представится возможным в каждом конкретном случае, следует стремиться к охвату единой проверкой по возможности всех кинематических пар каждой данной (целой) ветви кинематической цепи станка (для станков с разветвленной кинематической цепью), имея, однако, при этом в виду обеспечение возможности последующего анализа результатов подобной комплексной проверки с целью нахождения причин основных составляющих обнаруживаемой кинематической ошибки.

Узлы зуборезных и винторезных станков, несущие на себе режущий инструмент и заготовку обрабатываемого колеса и связываемые взаимно кинематическими цепями, совершают совместные или чере-

дующиеся сложные движения, которые слагаются из вращательных и прямолинейно-поступательных движений. Каждое из последних движений обеспечивается при посредстве самостоятельной ветви кинематической цепи станка, являющейся самостоятельным объектом контроля.

В принципе контроль кинематической точности зуборезных (как более сложных) станков осуществляется по нижеследующей общей схеме:

1) кинематические цепи разбиваются на ветви, каждая из которых обеспечивает связь каких-либо двух элементарных абсолютных движений двух рабочих органов станка или необходимое перемещение одного из этих органов относительно другого;

2) одно из конечных звеньев каждой ветви кинематической цепи условно принимается «ведущим», а другое «ведомым», при этом за ведомое звено принимается всегда то, которое имеет меньшую угловую скорость (звено, движущееся прямолинейно, считается ведомым);

3) производится сопоставление перемещений ведомого и ведущего звеньев для каждой ветви кинематической цепи (кинематическая ошибка определяется как алгебраическая разность действительного и номинального перемещения ведомого звена этой же ветви).

Существование общей связи между всеми элементарными движениями рабочих органов станка, несущих на себе инструмент и заготовку, дает возможность приведения погрешностей элементарных движений и относительных элементарных перемещений, найденных при контроле различных ветвей кинематической цепи станка, к некоторым суммарным кинематическим ошибкам станка.

Эти суммарные ошибки определяются, однако, не путем суммирования ошибок всех ветвей кинематической цепи, а путем суммирования ошибок только тех ветвей, которые порождают на обрабатываемом зубчатом колесе дефекты, однородные по характеру их проявления в рабочих условиях. Так, например, у зубофрезерных станков типа Клингельнберг, предназначенных для обработки конических зубчатых колес с криволинейным зубом, нет смысла суммировать ошибки ветви кинематической цепи, связывающей вращение червячной фрезы и вращение заготовки с ошибками ветви, обеспечивающей обкатывание изделия по плоскому колесу (дополнительное вращение изделия и вращение суппорта), так как неточности первой из указанных ветвей кинематической

цепи порождают дефекты изделия, проявление которых обнаруживается в неплавности передаваемого колесом движения, а неточности второй ветви — дефекты, нарушающие правильность формы и положения контактного пятна на зубьях изделия при сопряжении его с парным колесом.

У станков, предназначенных для обработки конических колес с прямолинейным и круговым зубом (нарезание парными резцами и резцовыми головками), суммирование ошибок цепей деления и обкатывания имеет прямой смысл, так как при этом определяется однородная ошибка, выражающаяся всецело только в неплавности передаваемого изготовленным колесом движения.

В зависимости от целей, с какими осуществляется контроль точности станков, их геометрические и кинематические ошибки характеризуются одним либо несколькими числами, либо функциями в графической или аналитической форме.

Указанное может быть пояснено следующим примером. Весьма существенным и часто встречающимся дефектом зуборезных и винторезных станков является так называемое плавание стола (планшайбы, шпинделя), вызываемое плохим состоянием его опор, снижающим точность центрирования. Проявляется этот дефект в том, что геометрическая ось стола (планшайбы, шпинделя) при вращении последнего блуждает (плавает), т. е. занимает при различных угловых положениях стола различные положения в пространстве.

Для общей оценки величины этого дефекта станка он может быть определен одной числовой величиной, например числом, выражающим диаметр некоторого цилиндра, в пределах которого плавают геометрическая ось стола (планшайбы, шпинделя) станка на практически используемой ее длине. У крупных зуборезных станков вследствие дефектов разгрузочной системы плавание геометрической оси стола нередко совершается вокруг некоторого центра. В данном случае, требующем более детального определения характера дефекта, последний выразится по крайней мере двумя числовыми величинами (положением центра плавания оси стола относительно плоскости последнего и углом некоторого конуса как области плавания оси). Еще более детально плавание стола (планшайбы, шпинделя) может быть охарактеризовано путем выяснения того, как изменяется положение его геометрической оси при изменении угла

поворота. Для этого требуется установить функциональную зависимость, выражаемую обычно графически, ошибки положения геометрической оси стола (планшайбы, шпинделя) от угла его поворота.

Это осуществляется следующим способом.

По оси стола (планшайбы, шпинделя) устанавливается точная цилиндрическая контрольная оправка. На неподвижной части станка укрепляются две жесткие стойки с индикаторами, измерительные штифты которых располагаются взаимно перпендикулярно в общей плоскости, перпендикулярной к оси оправки, и подводятся к последней. Контрольная оправка тщательно вывернется по оси вращения стола (планшайбы, шпинделя) с предельной возможной точностью. Выверка производится до тех пор, пока характер показаний индикаторов не обнаружит отсутствия явно заметного и еще устраняемого радиального биения данного сечения оправки. При этом верхний (задний) центр (люнет) кронштейна задней стойки (бабки) не используется.

По окончании указанной выверки на ходу станка производится строго одновременно снятие показаний обоих индикаторов через равные углы поворота стола (планшайбы, шпинделя); снимается не менее 12 пар показаний на каждом обороте стола при контроле не менее четырех оборотов в каждую сторону.

По каждой паре показаний определяются величины:

$$C_1 = \sqrt{a_1^2 + b_1^2};$$

$$C_2 = \sqrt{a_2^2 + b_2^2};$$

$$\dots \dots \dots$$

$$C_{12} = \sqrt{a_{12}^2 + b_{12}^2}.$$

Затем штифты обоих индикаторов переставляются параллельно самим себе в другую плоскость, параллельную первой и удаленную от нее по оси оправки на расстояние H , равное радиусу стола (планшайбы), но не менее 300 мм, после чего операция снятия показаний индикаторов повторяется вновь. При этом получается еще ряд величин:

$$f_1 = \sqrt{d_1^2 + e_1^2};$$

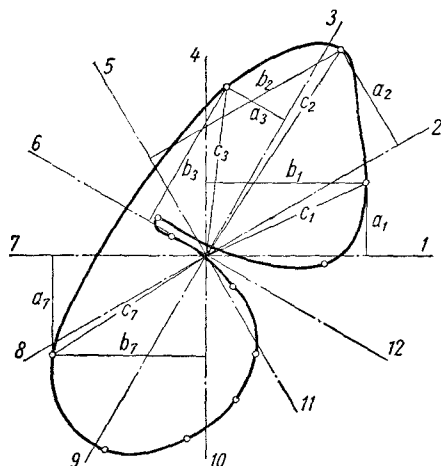
$$f_2 = \sqrt{d_2^2 + e_2^2};$$

$$\dots \dots \dots$$

$$f_{12} = \sqrt{d_{12}^2 + e_{12}^2}.$$

где C_1 и f_1 , C_2 и f_2 и т. д. соответствуют одним и тем же угловым положениям стола (планшайбы, шпинделя).

Поскольку направление штифта индикаторов известно, то, принимая во внимание знаки величин a , b , d и e , нетрудно построить траектории движения центров каждого из сечений контрольной оправки в виде кривых, аналогичных кривой

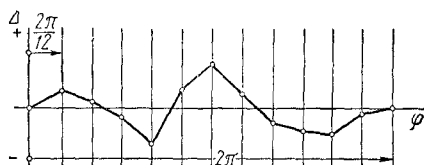


Фиг. 105.

фиг. 105, и определить направление геометрической оси стола (планшайбы, шпинделя) для каждого положения последнего.

Для установления причин, порождающих плавание стола (планшайбы, шпинделя), необходимо результаты контроля положений геометрической оси дополнить данными об осевых смещениях стола (планшайбы, шпинделя), представленными также в функциональной форме по тем же углам поворота стола, что и положения геометрической оси. Эти данные могут быть получены следующим способом.

По оси стола (планшайбы, шпинделя) устанавливается и тем или иным образом закрепляется цилиндрический штифт с плоским торцом, строго перпендикулярным оси. Радиальное биение штифта должно быть не более 0,2 мм. К центру торцовой части штифта и перпендикулярно ей подводится индикатор.



Фиг. 106.

Осевые смещения стола (планшайбы, шпинделя) определяются по показаниям индикатора, снимаемым на ходу станка при различных (тех же, что и при определении блуждания оси) угловых положениях стола (планшайбы, шпинделя). Результаты изображаются графически (фиг. 106).

Установление причин плавления и осевых смещений стола (планшайбы,

13. Возможные причины плавления стола (планшайбы, шпинделя) станка

Характер плавления	Наиболее вероятные причины плавления
Траектория плавления на последующих оборотах нестабильна	Повышенные зазоры в направляющих, повышенное давление масла в направляющих, велико разгружающее стол усилие
То же при наличии осевых смещений стола (планшайбы, шпинделя)	Задиры на опорных и центрирующих поверхностях, непостоянство давления масла
Ось плавает закономерно. Направление плавления приблизительно параллельно осям червяков привода. Осевые смещения незначительны	Попеременно работающие червяки привода водят стол, плохо центрируемый направляющими (имеются в виду крупные, прецизионные зуборезные станки с приводом стола от двух червяков)
Ось плавает закономерно. Направление плавления произвольно (при горизонтальном расположении шпинделя—преимущественно вертикальное). Величины a_k , d_k , b_k и e_k при различных угловых положениях значительно отличаются друг от друга. Наблюдаются осевые смещения	Деформация кольцевых направляющих, неравномерная выработка направляющих, биение или задиры торцовых поверхностей, ограничивающие осевые перемещения стола (шпинделя)

14. Возможные неточности и ошибки зуборезных и винторезных станков и их причины

Неточность	Причина неточности	Проявление неточности	Дефекты у обрабатываемого изделия	Примечание
<i>Геометрические неточности, препятствующие совмещению оси заготовки с осью вращения стола (планшайбы, шпинделя)</i>				
1. Неточность плоскости стола (планшайбы, опорного торца шпинделя), перпендикулярность этой плоскости оси вращения стола (планшайбы, шпинделя), дефект поверхности центра стола (планшайбы, шпинделя) или ее смещение	Повреждение поверхности стола (планшайбы, опорного торца, центра). Дефект обработки этой поверхности, ее смещение или деформация. Дефект подвижной части направляющей стола (шпинделя). Повреждение или дефект изготовления центрального отверстия	Неправильное положение заготовки или подставки (приспособления), приводящее к несовпадению осей изделия и стола (планшайбы, шпинделя)	У зубчатых колес: а) радиальное биение, различное для различных сечений, перпендикулярных к оси колеса; б) ошибки направлений зубьев (различных знаков для противоположных зубьев); в) непостоянство толщины зубьев по их длине. У винтов радиальное биение нарезки, возрастающее к концу винта, обращенному к шпинделю станка	—
2. Осовое биение стола (планшайбы, шпинделя)	Дефект взаимной пригонки кольцевых направляющих стола (шпинделя), их деформация или выработка. Дефекты подпятника	Осовое смещение заготовки, установленной на станке	У зубчатых колес непостоянство направления винтовых линий зубьев без нарушения направления контактных линий У винтов непостоянство углов наклона витков без нарушения точности шага нарезки	На точность прямо-зубых зубчатых колес не влияет
3. Плавание геометрической оси стола (планшайбы, шпинделя)	Дефект взаимной пригонки поверхностей (направляющих), центрирующих стол (шпиндель). Плохая регулировка подпятника шпинделя. Деформация, выработка или задиры центрирующих поверхностей. Повышенное давление масла в направляющих стола, увеличенное усилие, разгружающее стол	Непостоянство положения установленной на станке заготовки	У зубчатых колес непостоянство толщины зуба свидетельствует о том, что колесо некруглое; колебание длины общей нормали У винтов эллиптичность (треугольность и т. п.) конца нарезанной части винта, обращенной к шпинделю станка	—
4. Смещение центра (оси) отверстия люнета, втулки поддерживающего кронштейна задней стойки (бабки)	Неправильное положение задней стойки (бабки), неправильный вылет кронштейна (высота бабки или люнета)	Перекося установленной на станке заготовки	У зубчатых колес непостоянство толщины зубьев по их длине (конусность) или ошибку направления зубьев или и то, и другое совместно У винтов конусность нарезки	—

Продолжение табл. 14

Неточность	Причина неточности	Проявление неточности	Дефекты у обрабатываемого изделия	Примечание
<i>Геометрические неточности, препятствующие совмещению оси инструмента с осью вращения шпинделя станка</i>				
5. Неточность формы и положения посадочной поверхности для инструмента или для инструментальной оправки	Дефект обработки посадочной поверхности или ее повреждение	Торцовое и радиальное биение круглого инструмента. Перекос некруглого инструмента	У зубчатых колес: а) погрешность профиля и основного шага; сокращение размеров контактного пятна по высоте зубьев; б) накопленная погрешность окружного шага, неравенство толщины различных зубьев (утонение зуба в месте смыкания нарезки), колебания длины общей нормали; в) изменение размеров пятна контакта и его положения; г) погрешность профиля витков резьбы	Относится: а) к зубофрезерным и зубострогальным; б) к зубодолбежным станкам; в) к станкам, обрабатывающим конические колеса резцовыми головками; г) к резбофрезерным станкам
6. Избыточный радиальный зазор в подшипнике шпинделя (штосселя, резцовых салазках) и в поддерживающем подшипнике фрезерной оправки	Дефект расточки, пригонки, регулировки или выработка подшипника шпинделя (втулки, штосселя, направляющих резцовых салазок). Дефект расточки или выработка поддерживающего подшипника	Радиальное недопустимое смещение инструмента (отжим инструмента)	У зубчатых колес погрешности профиля и контактных линий, снижение чистоты поверхности обработки У винтов погрешности профиля витков резьбы, снижение чистоты обработки	В части, касающейся винторезных станков, относится только к резбофрезерным станкам
7. Неточность расположения оси отверстия поддерживающего подшипника для фрезерной оправки или смещение поддерживающего центра	Дефект расточки поддерживающего подшипника, его выработка или повреждение опорных поверхностей. Дефект поддерживающего центра, его износ или неточность положения	Изгиб фрезерной оправки и возникновение избыточной поперечной нагрузки на шпиндель, способствующей износу подшипников	Непосредственно никакого дефекта не вызывает. При наличии выработки подшипника те же, что по п. 6	Относится к зубофрезерным и резбофрезерным станкам
8. Осевое биение шпинделя фрезы (резцовой головки)	Дефект изготовления или повреждение опорных плоскостей подшипника шпинделя фрезы (резцовой головки)	Осевое смещение инструмента, связанное с углом его поворота	Те же, что и по п. 5	Не относится к зубодолбежным, зубострогальным и токарно-винторезным станкам
9. Осевой разбег шпинделя (штосселя). Зазоры в шатунно-кривошипном механизме штосселя. Неустойчивость положения суппорта	Дефект регулировки или выработка торцовых упорных плоскостей шпинделя (направляющих суппорта, шарнирах). Недостаточность противовеса суппорта (штосселя)	Удары и дробление инструмента	Те же, что по п. 6.	—

Неточность	Причина неточности	Проявление неточности	Дефекты у обрабатываемого изделия	Примечание
<i>Геометрические неточности, вызывающие недозволённые перемещения узла, несущего инструмент относительно оси стола (планшайбы, шпинделя)</i>				
10. Неправильность положения и формы направляющих суппорта (люльки, резцовых салазок) относительно оси стола (шпинделя) или линии центров станка	Дефект обработки и взаимной выверки направляющих суппорта (штосселя, люльки, резцовых салазок) относительно оси стола) шпинделя, планшайбы или линии центров станка. Деформация станины (основания) станка. Выработка направляющих	Нарушение траектории движения инструмента относительно оси изделия (неправильность направления подачи, обкатывания, потеря единого центра станка)	У зубчатых колес погрешности направления зубьев, непостоянство толщин зубьев по их длине У винтов непостоянство диаметра резьбы по длине винта	—
11. Погрешности шкал, положений нониусов, упоров, баз для установки шаблонов (центроискателя). Отсутствие жесткости фиксаторов и деталей крепления	Дефекты изготовления, отдельные повреждения или общая изношенность станка	Невозможность наладки станка	Возможны любые виды погрешностей	
<i>Кинематические неточности, нарушающие взаимную согласованность одновременных движений инструмента и заготовки</i>				
12. Суммарная (полная) погрешность цепи деления станка	Дефекты изготовления и монтажа или износ звеньев кинематической цепи деления и в первую очередь червячного колеса и червяка делительного механизма станка. Переменное сопротивление вращения стола (планшайбы, шпинделя). Дефекты изготовления, монтажа или повреждения делительного диска	Погрешности поворота стола (планшайбы, шпинделя) относительно инструмента	У зубчатых колес: а) накопленная погрешность окружного шага, погрешности профиля зубьев, колебание длины общей нормали как частные проявления функциональной кинематической ошибки станка; б) утонение зуба в месте смыкания нарезки. У винтов погрешность деления по заходам резьбы	Относится: а) ко всем зуборезным станкам; б) только к зубодолбежным станкам
13. Суммарная (полная) погрешность цепи, связывающей движение суппорта (люльки, штосселя) с вращением стола (планшайбы, шпинделя)	Дефекты изготовления, монтажа или износ звеньев цепи подачи суппорта (обката люльки)	Погрешности относительных перемещений суппорта (люльки) и в первую очередь ходового винта и его опор	У зубчатых колес: а) погрешности осевого шага (направления зубьев), сокращение и смещение пятна контакта зубьев; б) погрешности профиля У винтов накопление погрешности, внутришаговые погрешности как проявление функциональной кинематической ошибки станка	Относится: а) к зубофрезерным станкам; б) к станкам для обработки конических колес, кроме зубофрезерных

шпинделя) требует опыта и учета конкретных конструктивных особенностей опор, смазочной системы, системы разгрузки и привода стола (шпинделя). Для общей ориентировки при установлении причин этого дефекта могут быть полезны данные, приведенные в табл. 13.

Плавание геометрической оси вращающегося стола (планшайбы, шпинделя) является такой геометрической ошибкой зуборезного и винторезного станка, правильность измерения которой особенно часто нарушается.

Рассмотренный пример функционального представления этой ошибки поясняет существо приемов детальной характеристики геометрических ошибок, с помощью которых в ремонтной практике могут устанавливаться их причины. Особенно необходимо функциональное представление ошибок для выявления причин кинематических ошибок станков, поскольку они всегда вызываются большим количеством причин.

Перечень основных геометрических и кинематических ошибок (неточностей) зуборезных и винторезных станков с указанием причин этих ошибок и влияния на точность изделий приведен в табл. 14.

Кинематические цепи зуборезных и винторезных станков и методы их контроля

При конструировании точных кинематических цепей, в частности кинематических цепей зуборезных станков, обычно стремятся задать по возможности всем промежуточным звеньям этих цепей относительно большие угловые скорости. Делается это в целях снижения влияния ошибок промежуточных звеньев на точность цепи в целом.

Действительно, обозначив угловое перемещение промежуточного звена кинематической цепи через $\varphi = \omega t$ и угловое перемещение ее конечного звена, совершенное им за то же время t , через $\Phi = \Omega t$, легко установить, что ошибка $\Delta\Phi$ углового перемещения конечного звена, обусловленная ошибкой поворота $\Delta\varphi$ промежуточного звена, будет тем меньше, чем меньше окажется отношение угловых скоростей Ω и ω , так как

$$\Delta\Phi = \Delta\varphi \frac{\Omega}{\omega}.$$

Необходимость обеспечения высоких угловых скоростей для всех промежуточных звеньев кинематической цепи, связывающей между собой два звена, дви-

жущиеся даже с близкими скоростями, заставляет в первой и последних кинематических парах осуществлять большие перепады угловых скоростей.

Примеры именно такого построения кинематических цепей встречаются во всех зубодолбежных станках и в станках для обработки конических зубчатых колес (цепи обката). Этот же принцип построения кинематической цепи реализуется и в зубофрезерных станках (цепь деления), лишь с тем изменением, которое обуславливается большим отношением угловой скорости фрезерного шпинделя и стола.

Влияние ошибок промежуточных звеньев на точность кинематической цепи, связывающей между собой звенья, из которых одно или оба движутся прямолинейно-поступательно, оценивается принципиально аналогично изложенному (имеется в виду, как и ранее, равномерное движение). Ошибка перемещения ΔX конечного звена, движущегося прямолинейно-поступательно, с вызвавшей ее ошибкой перемещения промежуточного звена кинематической цепи связана зависимостью

$$\Delta X = \Delta\varphi \frac{v}{\omega},$$

где $\Delta\varphi$ — ошибка углового перемещения промежуточного звена цепи; ω — угловая скорость этого звена; v — линейная скорость конечного звена цепи.

Из приведенной формулы следует, что и в цепях, конечное звено которых движется прямолинейно-поступательно, повышение угловой скорости промежуточных звеньев вполне оправдано.

Примером такого рода кинематической цепи является цепь подачи универсального зубофрезерного станка. Кинематическая пара винт — гайка, являющаяся обязательной для такого рода кинематических цепей зуборезных станков, по чисто конструктивным соображениям не может обеспечить достаточно малого отноше-

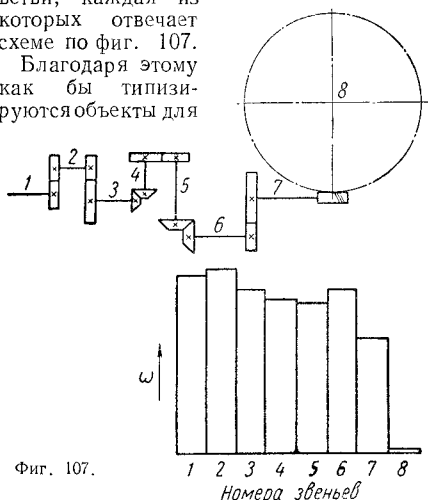
ния $\frac{v}{\omega}$, поэтому один из элементов этой пары (винт или гайка) снабжается приводом в виде червячной пары*. Точные кинематические цепи зуборезных станков включают в себя ветви, построение которых характеризуются примерными

* Привод ходового винта даже у прецизионных винторезных станков червячной пары, как правило, не имеет. Вследствие этого у винторезных станков в отличие от зуборезных существенно проявляют себя неточности промежуточных звеньев кинематической цепи и особенно смежные колеса.

схемами, показанными на фиг. 107—109. На этих же фигурах изображаются диаграммы скоростей последовательных звеньев кинематических цепей.

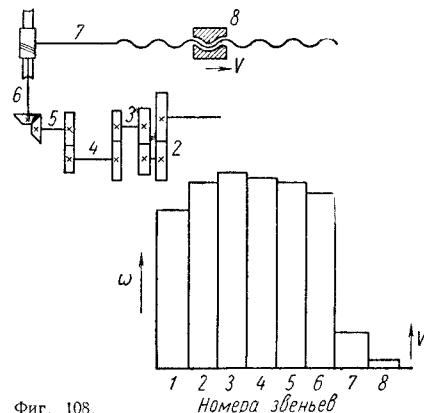
Ветвь, изображенная на фиг. 109, по существу может быть разбита на две ветви, каждая из которых отвечает схеме по фиг. 107.

Благодаря этому как бы типизируются объекты для



Фиг. 107.

контроля кинематической точности станков, для выполнения которого при этих условиях в принципе могут быть применимы унифицированные методы и средства.



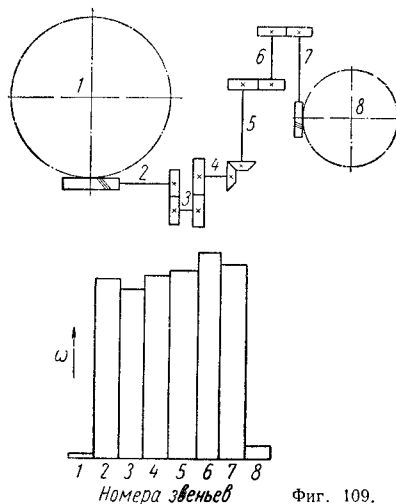
Фиг. 108.

Оценка методов контроля точности кинематических цепей зуборезных и винторезных станков должна производиться с учетом следующего:

а) Точность определения ошибок кинематической цепи как функции, отобра-

жающей процесс изменения величин алгебраической разности действительного и номинального перемещения ведомого звена цепи от угла поворота ведущего звена, оказывается значительно выше, если оно выполняется при непрерывном движении станка.

Это определяется тем, что при различной инерционности отдельных звеньев контролируемой цепи остановки станка неизбежно влекут за собой образование натягов или зазоров в кинематических



Фиг. 109.

парах, снижающих достоверность результатов проверки. Прерывистость движения контролируемой цепи оказывает меньшее влияние на качество проверки при контроле станков малых размеров, не имеющих массивных движущихся деталей и узлов.

Требование непрерывности снимается в случае контроля кинематических цепей, нормальный режим которых не является беспрерывным.

б) Методы контроля кинематических цепей и измерительные средства должны обеспечивать измерение контролируемых факторов с достаточной точностью. Для этого, в частности, в большинстве случаев обязательно исключение влияния погрешностей установки измерительных средств на станке, а также наличие возможностей исключения собственных погрешностей измерительных средств.

в) В тех случаях, когда контроль ошибок кинематических цепей зуборезных станков осуществляется не с целью получения

общей оценки, а для нахождения конкретных причин ошибки кинематической цепи, его результаты должны обеспечивать получение широкой точностной характеристики цепи, по которой было бы возможно установить количественное влияние ошибок отдельных кинематических пар.

г) Контроль кинематической точности зуборезных и винторезных станков по самому его существу является сугубо цеховым контролем, поэтому важно, чтобы средства и методы контроля были достаточно просты, универсальны и не требовали лабораторной обстановки, больших затрат времени и участия высококвалифицированного персонала.

Контроль точности кинематических цепей, связывающих два вращающихся звена

Косвенный контроль кинематической точности

Существование связи между неточностями зуборезного станка и ошибками обработанного на нем зубчатого колеса позволяет определять точность станка косвенным путем, т.е. путем обмера этого колеса.

Возможно применение двух методов подобного контроля в зависимости от того, требуется ли получить общую оценку точности зуборезного станка или определить его конкретные дефекты.

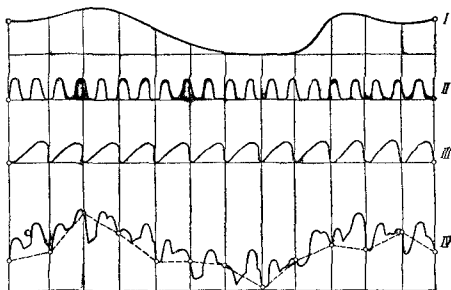
Метод первый. На контролируемом станке нарезается одно или несколько зубчатых колес, параметры которых соответствуют колесам, подлежащим обработке на данном станке. Нарезанные пробные колеса обмеряются, в результате чего устанавливается соответствие этих колес нормам точности на зубчатые колеса, подлежащие производству. Такой метод контроля может применяться для зуборезных станков любых видов. Однако результаты подобного контроля в подавляющем количестве случаев оказываются малоприменимыми для того, чтобы вынести вполне определенное суждение о точности основных кинематических пар станка (поскольку взаимное сочетание влияний многих факторов является достаточно сложным).

Метод второй основывается на использовании пробного колеса, параметры и приемы измерения ошибок которого специально выбираются такими, чтобы проверкой колеса можно было выделить влияние кинематических ошибок станка

и определить их. Данный метод применяется в случаях контроля зуборезных станков, на которых все зубья изделия обрабатываются одними и теми же режущими кромками инструмента (станки, работающие долбяками, исключаются, так как при обработке различных профилей зубьев колеса различными режущими кромками долбяка исключить влияние ошибок инструмента и его установки оказывается весьма затруднительным).

Диаметр пробного колеса принимается по возможности наибольшим, поскольку при этом увеличиваются линейные ошибки, накладываемые станком на изделие, и, следовательно, облегчается их измерение.

На фиг. 110 дан схематический график суммарной кинематической ошибки зубчатого колеса (кривая *IV*) и графики главнейших ее составляющих.



Фиг. 110.

Кривая *I* представляет собой график кинематической ошибки, обусловленной дефектами делительного червячного колеса, кривая *II* — график кинематической ошибки, происходящей от дефектов делительного червяка и неточностей его зацепления с червячным колесом, а кривая *III* — график ошибки, накладываемой на нарезаемое зубчатое колесо режущим инструментом. При этом ординаты кривой *IV* равны сумме ординат кривых *I*, *II* и *III*.

Фиг. 110 показывает, что при измерении ординат кривой *IV*, отстоящих друг от друга на расстояниях, равных периоду ошибки, изображенной графиком *III*, влияние ошибок инструмента не обнаруживается. Поэтому контроль пробного колеса необходимо вести в точках, разделенных друг от друга поворотом этого колеса на один его угловой шаг. Из рассмотрения фиг. 110 следует также, что число зубьев пробного колеса должно выбираться неравным или некратным

числу оборотов делительного червяка, совершаемых им за время одного оборота стола (планшайбы, шпинделя). В противном случае из результатов измерения выпадает ошибка делительного червяка.

При контроле станка по пробному колесу ставится задача определения ошибок, изображаемых кривыми I и II, независимо от ошибок, изображаемых кривой III. Следует учесть необходимость раздельного определения величин ошибок делительного колеса и делительного червяка, а также других возможных составляющих кинематической ошибки станка, если таковые имеются и проявляют себя в виде составляющих ошибок пробного колеса (на фиг. 110 эти ошибки не показаны).

Измерения пробного колеса должны производиться с наибольшей возможной точностью. Построение графика накопленной ошибки окружного шага по результатам обработки измерений единичных шагов* недопустимо; необходимо непосредственное измерение накопленных ошибок, например при помощи теодолита.

Во избежание включения в результат измерения пробного колеса ошибок его установки на контролируемом станке базой измерения должна являться ось вращения колеса при обработке, поэтому измерения производят, не снимая пробное колесо со станка.

График накопленных ошибок окружного шага, как это видно из фиг. 110, не тождественен графику суммарной кинематической цепи деления зуборезного станка, поскольку график накопленных ошибок представляет собой ломаную линию, соединяющую отдельные точки графика кинематической ошибки.

Метод, позволяющий определить основные составляющие суммарной кинематической ошибки по отдельным (дискретным) ее значениям, кратко излагается ниже.

Более наглядные результаты контроля основных составляющих кинематических ошибок можно получить нарезанием двух пробных колес. При этом рекомендуется:

1. Нарезать пробное колесо с числом зубьев $z_k = \frac{z_c}{a}$, где a — целое число, z_c — число зубьев делительного колеса. Тогда график накопленной ошибки окру-

ного шага этого колеса (при условии использования в измерении технологической базы установки колеса при нарезании на станке*) прямо характеризует плавные (низкочастотные) составляющие функции ошибки делительной цепи станка, т. е. накопленную ошибку шага делительного колеса станка, в том числе и эксцентриситет делительного венца относительно фактической оси вращения стола станка. Если станок имеет два делительных червяка, расположенных диаметрально относительно колеса, то по этому графику можно судить о качестве регулировки червяков; при правильной их регулировке плавная составляющая функции ошибки должна дважды повторяться на одном обороте стола.

2. Нарезать пробное колесо с числом зубьев $z_k = \frac{z_c - b}{a}$, где a и b — любые целые числа, причем число b целесообразно выбирать в пределах от 9 до 16. Тогда в графике накопленной ошибки пробного колеса высокочастотная составляющая ошибки цепи с числом периодов за оборот стола z_c (ошибка червяка делительной пары станка) будет определяться как гармоническая составляющая b -й частоты** (b волн на оборот колеса). Эта составляющая будет наложена на ранее определенную плавную ошибку цепи. Так как величина b выбрана достаточно большой (9—16), то практически маловероятно искажение плавной части ошибки цепи высокочастотной составляющей.

Такая проверка делительной цепи зуборезного станка по пробным колесам, несмотря на ее приближенность из-за неточности измерения колес, позволяет судить о точности проверяемой цепи и о причинах, вызывающих дефекты ее работы.

Непосредственный контроль точности кинематических цепей

Проверка цепи теодолитом. Теодолит представляет собой оптическую трубу с увеличением порядка 20—40, установленную в V-образном корпусе. Верхняя часть корпуса теодолита, несущая оптическую трубу, поворачивается относительно нижней, являющейся основанием прибора, вокруг вертикальной оси. Сама

* Здесь имеется в виду, что вследствие конструктивного несовершенства существующих шагомеров их измерительные наконечники обычно не могут быть точно установлены на общую окружность измерения. Получаемые при этом искажения результатов измерения исключают возможность надежного расчетного определения накопленных ошибок окружного шага пробного колеса.

** Это условие соблюдается, в частности, в случае измерения окружного шага с базировкой на окружность впадин пробного колеса при измерении клиновым шагомером по ГОСТ 5368-50.

** Подробнее см. стр. 644.

оптическая труба может поворачиваться в вертикальной плоскости относительно корпуса.

Угол поворота оптической трубы теодолита относительно верхней части корпуса и угол поворота верхней части корпуса относительно основания могут быть измерены с высокой точностью при помощи круговых стеклянных шкал, размещенных внутри корпуса прибора.

Угол поворота оптической трубы в вертикальной плоскости ограничен, угол же поворота верхней части корпуса теодолита относительно основания неограничен; поэтому теодолит следует рекомендовать только для контроля станков, у которых плоскость стола горизонтальна.

Из отечественных теодолитов пригодными для контроля кинематической точности зуборезных станков являются теодолиты моделей ТБ-1 и ОТ-02.

Если эксцентриситет установки теодолита на столе контролируемого станка (неизбежная неточность установки) равен e , а расстояние от оси стола станка до точки, по которой визируется теодолит, равно L , то ошибка, обусловленная эксцентриситетом установки теодолита, будет равна

$$\Delta = \frac{e}{L}.$$

Для исключения этой ошибки может применяться коллиматор, удаляющий точку визирования трубы теодолита в бесконечность ($L = \infty$).

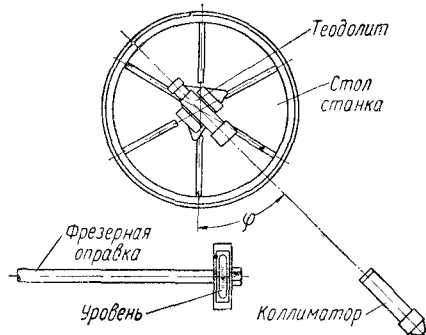
Коллиматор представляет собой трубу, внутри которой установлено стекло со штриховым перекрестием, освещаемое электрической лампой; перед стеклом помещена линза, так что штриховое перекрестие находится в фокусе линзы. Линза собирает свет лампы в параллельный пучок, исходящий из коллиматора. Благодаря этому при визировании теодолита по перекрестию коллиматора, воспринимаемому трубой теодолита в пучке параллельных лучей, исключается влияние эксцентриситета установки теодолита.

Проверка станка теодолитом производится следующим образом.

В центре стола (планшайбы, шпинделя) зубофрезерного станка устанавливается теодолит; в некотором отдалении от него неподвижно укрепляется коллиматорная труба.

Оптическая труба теодолита визируется по коллиматорной трубе. Фрезерной оправке контролируемого станка, цепь

деления которого предварительно настраивается так же, как и при нарезании зубчатого колеса с достаточно большим числом зубьев, сообщается поворот на угол 2π , что фиксируется при посредстве уровня, лимба или других средств с достаточной точностью (фиг. 111).



Фиг. 111.

Стол станка и стоящий на нем теодолит поворачиваются при этом на угол φ , номинально равный

$$\varphi_n = \frac{2\pi}{z},$$

где z — передаточное число цепи деления станка.

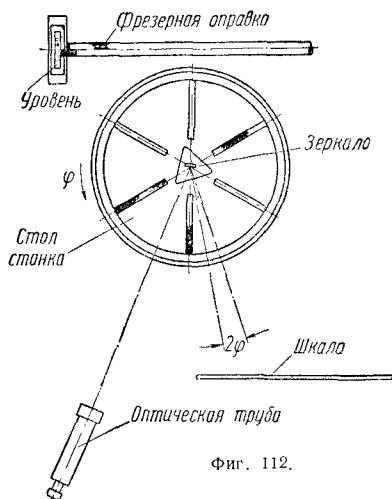
Затем оптическая труба теодолита возвращается в прежнее положение и вновь визируется по коллиматору, а по шкале теодолита производится отсчет угла, на который повернулся стол станка. Разница между фактическим и номинальным значениями этого угла является погрешностью кинематической цепи на угле φ поворота стола. Указанная операция повторяется до тех пор, пока стол не сделает полный оборот.

Шкалы прецизионного теодолита допускают отсчет угла φ с точностью порядка 1—2 сек. Эти же шкалы позволяют произвести непосредственное измерение погрешности поворота стола, при котором исключается суммирование отдельных отклонений, а применение коллиматорной трубы обеспечивает возможность совершенно не считаться с эксцентриситетом установки теодолита на столе станка. Кроме того, выбором значений z и φ обеспечивается возможность раздельной и суммарной проверки элементов червячной делительной пары.

Определение ошибки, вносимой червяком делительной передачи или другими звеньями кинематической цепи, оказы-

вается возможным либо тогда, когда отсчеты значений ошибки поворота стола (планшайбы, шпинделя) производятся с весьма малым интервалом, не превышающим $1/6$ — $1/7$ доли интервала (периода) действия интересующей ошибки, либо при условии, что эти отсчеты снимаются через интервалы, неравные или некратные интервалы (периоду) действия этой ошибки. В последнем случае необходимо применение методов аналитического определения составляющих кинематической ошибки по отдельным дискретным ее значениям.

Проверка цепи методом зеркального отсчета углов. На некотором расстоянии от станка неподвижно устанавливается оптическая труба, наводимая на плоскость



небольшого зеркала, укрепленного на столе станка (планшайбы, шпинделя) так, чтобы ось вращения последнего проходила через отражающую поверхность зеркала. В стороне от станка неподвижно укрепляется шкала, деления которой рассматриваются через зеркало посредством трубы (фиг. 112).

Измерение углов поворота стола, сообщаемых ему последовательно, так же как при проверке теодолитом, осуществляется по разности отсчетов, снимаемых по шкале. Перед каждым последующим отсчетом зеркало возвращается в исходное положение.

Способ контроля при помощи зеркала принципиально отличается от теодолитного тем, что теодолит непосредственно отсчитывает любой угол φ , равный сумме

углов последовательных поворотов:

$$\varphi_{\Sigma} = \varphi_1 + \varphi_2 + \dots + \varphi_n.$$

в то время, как зеркальным методом φ_{Σ} находится как сумма углов $\varphi_1 + \varphi_2 + \dots + \varphi_n$, каждый из которых измеряется самостоятельно. Таким образом, при отсчетах с помощью зеркала суммируются и погрешности отдельных отсчетов. Кроме того, существенные погрешности вносятся в измерение вследствие невозможности точной установки зеркала по оси стола. Эти погрешности, правда, снижаются за счет удаления шкалы от зеркала, но возможности повышения точности проверки за счет этого в заводских условиях ограничены, особенно применительно к прецизионным станкам, которые находятся в отдельных, обычно сравнительно тесных помещениях.

Условия определения ошибок, вносимых червяком делительной передачи, или других ошибок малого периода действия те же, что и при теодолитной проверке. Необходимые для выполнения данной проверки измерительные средства комплектно не выпускаются.

Проверка цепи методом нанесения штрихов. Данный и все другие описываемые ниже методы непосредственного контроля обеспечивают возможность проверки станков на ходу, чем достигается более высокое качество результатов измерений.

Определение суммарной ошибки цепи деления зубофрезерного станка. Для контроля кинематической точности делительной цепи зубофрезерного станка на столе станка закрепляется диск, который по боковой цилиндрической поверхности протачивается* на самом станке, чем устраняется влияние на результат измерения неточности установки диска. На проточенную поверхность диска накладывается тонкая лента, например кинолента, которой обтягивается цилиндрическая поверхность диска.

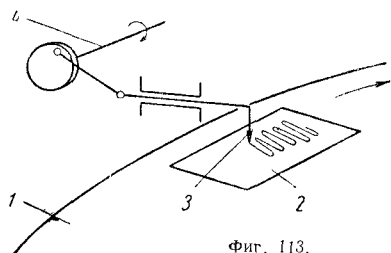
На фрезерной оправке закрепляется игла. Станок настраивается на нарезание определенного числа зубьев и в процессе его работы игла наносит штрихи на пленке.

После того как стол станка сделает почти полный оборот (за вычетом участка, занятого деталями крепления ленты), на пленке будут сделаны отметки через каждый оборот фрезерной оправки. Лента снимается с диска, и рас-

* Резец должен быть закреплен со стороны фрезерного суппорта.

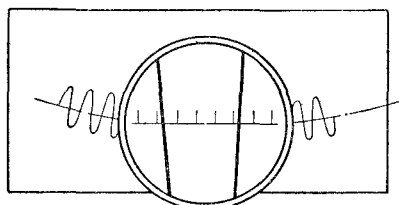
стояния между штрихами измеряются с возможной тщательностью на оптической мерительной машине, при этом определяется ошибка положения любого штриха относительно одного (например, первого) *.

Определение ошибок с малым периодом действия. На краю плоскости стола 1 (фиг. 113)



Фиг. 113.

контролируемого зубофрезерного станка укрепляется обычное стекло 2 с нанесенным на него слоем копоти. На заком-



Фиг. 114.

ченную плоскость стекла ставится игла 3, приводимая от фрезерной оправки 4 в возвратно-поступательное движение, совершаемое в направлении к центру стола станка. Острый конец иглы оставляет следы на закопченной поверхности стекла, которые имеют вид зигзага (синусоида с большой амплитудой, малым периодом, отнесенная к окружности большого радиуса как к оси абсцисс), образуемого при вращении стола.

После нанесения на стекло следа относительных перемещений иглы при помощи окулярной шкалы микроскопа с малым увеличением (или лупы) измеряется неравномерность шага рисок (фиг. 114). Контроль шага рисок производится при помощи микроскопа при перемещениях стола.

* Этот метод разработан Б. М. Партенским.

Проверка цепи кинематометром ЦНИИТМАШ. Кинематометр ЦНИИТМАШ является электромеханическим прибором, предназначенным для сопоставления двух непрерывных вращений. По своему конструктивному построению прибор в наибольшей мере приспособлен для контроля цепей деления зубофрезерных станков.

Кинематометр выпускается мелкими сериями московским заводом «Калибр» в двух моделях А и Б.

Модель А предназначена для контроля зубофрезерных станков, допускающих обработку цилиндрических зубчатых колес диаметром 108 мм и выше, а модель Б — для зубофрезерных станков диаметром обработки 500 мм и выше. Для контроля с помощью кинематометров этих моделей кинематической точности других зубофрезерных станков применяются некоторые добавочные приспособления.

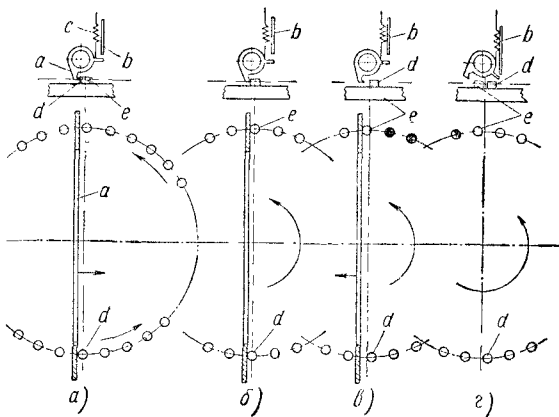
Кинематометр состоит из трех отдельных частей: отправителя, электрической части и индикатора.

Отправитель служит для замыкания электрической цепи прибора в те моменты, когда тиходное звено кинематической цепи (например, стол станка) в процессе своего непрерывного вращения последовательно поворачивается на углы

$$\varphi_1 = \frac{2\pi}{N}; \quad \varphi_2 = \frac{2\pi}{N} 2; \quad \varphi_3 = \frac{2\pi}{N} 3 \dots,$$

где N — целое число.

Электрическая часть кинематометра усиливает электрический импульс, возникающий в момент замыкания цепи отпра-



Фиг. 115.

вителем, и осуществляет кратковременное зажигание безынерционной газосвет-

ной лампы в моменты начала замыкания электрической цепи отправителем.

Индикатор кинематометра показывает величины недобега или перебега тихоходного (условно ведомого) звена контролируемой цепи относительно его идеального положения, соответствующего заданному мгновенному положению быстроходного (условно ведущего) звена.

Принцип работы отправителя кинематометра поясняется фиг. 115.

Цилиндрические ролики (контактные шпильки) с осями, перпендикулярными к плоскости фигуры, укреплены в диске и вращаются вместе с тихоходным звеном контролируемой цепи, как это показано стрелкой (фиг. 115, *a*). Параллельно плоскости диска подвешена контактная линейка *a*, могущая перемещаться только параллельно самой себе. Усилиям пружины *c* линейка одним из своих концов прижимается к одной из контактных шпилек *d*. По мере вращения диска расстояние между линейкой *a* и шпилькой *e*, диаметрально противоположной шпильке *d*, сокращается и в некоторый момент исчезает (фиг. 115, *b*). В этот момент концы линейки, электрически изолированные друг от друга, замыкаются шпильками через диск. Далее, после того как шпилька *e* снимет линейку со шпильки *d* (фиг. 115, *a*), толкатель *b* (фиг. 115, *г*) опрокидывает линейку, пропускает под нее шпильки, которых она только что касалась, и опять опускает, с тем чтобы линейка могла встретить последующую пару шпилек и замкнуться ею.

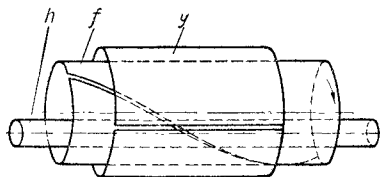
Индикатор кинематометра представляет собой систему из двух полых соосных цилиндров, располагающихся один внутри другого. Внешний цилиндр имеет в стенке сквозную узкую щель, направленную вдоль его образующей. Внутренний цилиндр имеет в своей стенке такую же щель, но располагающуюся по винтовой линии (фиг. 116).

Внутри вращающегося внутреннего цилиндра *f* (внешний цилиндр *g* неподвижен), приводимого от быстроходного звена контролируемой цепи, установлена газосветная лампа *h*, имеющая форму трубки.

При отсутствии кинематических ошибок в контролируемой цепи станка за интервал времени между двумя любыми последовательными замыканиями контактной линейки отправителя (вспышками газосветной лампы) внутренний цилиндр *f* индикатора должен сделать неизменно одно и то же целое число оборотов.

При недобеге или при перебега тихо-

ходного звена вспышка лампы будет заставать вращающийся цилиндр индикатора в различных положениях. При этом свет от лампы будет виден в разных местах по длине щели цилиндра *g*. Зная отношение угловых скоростей цилиндра *f* и диска отправителя, при помощи прозрачной шкалы, положенной на щель цилиндра *g*, определяется угол недобега или перебега тихоходного звена. При изменении отношения угловых скоростей цилиндра индикатора и диска отправителя (изменение настройки контролируемой цепи) цена деления шкалы индикатора меняется.



Фиг. 116.

Благодаря особенностям конструкции отправителя неточность установки последнего на контролируемом станке не влияет на точность его показаний. Это обстоятельство, однако, не исключает необходимости выверки отправителя для обеспечения работоспособности механизма, опрокидывающего контактную линейку.

Неточности взаимного расположения контактных шпилек диска отправителя оказывают непосредственное влияние на точность показаний прибора, однако они могут быть полностью исключены выбором соответствующих методов контроля станка.

Порядок проведения контроля цепи деления зубофрезерного станка при помощи кинематометра следующий.

На столе станка устанавливается один из дисков отправителя кинематометра. При выборе диска следует отдать предпочтение тому из них, число контактных шпилек *N* которого с числом зубьев червячного делительного колеса имеет меньше общих множителей. Диск выверяется на столе станка при помощи индикатора. К поддерживающему кронштейну задней стойки прикрепляется верхняя часть отправителя кинематометра, несущая контактную линейку. Кронштейн задней стойки опускается, и по специальному мерному столбику устанавливается требуемое взаимное расположение частей отправителя прибора.

Цепь дифференциала станка выключается, а гитара деления настраивается на нарезание зубчатого колеса с числом зуб-

ев z , которое желательно выбрать в пределах от $z = \frac{20\,000}{\Delta F_{\max}}$ до $z = \frac{30\,000}{\Delta F_{\max}}$, где ΔF_{\max} — ожидаемая суммарная погрешность цепи деления в угловых секундах. Число z должно обязательно быть в целое число раз больше числа контактных шпилек используемого диска отправителя.

К свободному резьбовому концу фрезерной оправки укрепляется шарнирный валик индикатора кинематометра, сам же индикатор устанавливается на какую-либо подставку около станка (стол, табурет, ящик и т. п.).

Если при малом значении ΔF_{\max} число z оказывается столь большим, что настройка гитары деления оказывается невыполнимой, рекомендуется индикатор кинематометра связывать шарнирным валиком с ведущим валиком привода фрезерного шпинделя, или с другим быстроходным валиком цепи. В этом случае число z может быть уменьшено в i раз, где i — передаточное число участка цепи от валика до фрезерного шпинделя. Гитара скоростей проверяемого станка настраивается на возможно меньшее число оборотов фрезерного шпинделя.

При проверке прецизионных зубофрезерных станков из результатов измерения должны быть исключены ошибки самого прибора. Это может быть достигнуто следующим образом.

Проверка выполняется многократно при последовательно смещенной контактной линейке относительно неизменно стоящего на столе станка диска отправителя, например, на 5 или 4 угловых шага контактных шпилек при общем числе их на диске, равном 40, или на 6 или 7 угловых шагов, при общем числе их на диске, равном 42.

Перестановка линейки осуществляется путем освобождения крепления верхней части отправителя к кронштейну задней стойки при таком неподвижном положении стола, при котором контактные ножи оказываются взаимно замкнутыми контактными шпильками диска. К этому положению, определяемому по вспышке лампы индикатора кинематометра, стол станка подводится крайне медленно при посредстве ручного привода.

Каждая из серий отсчетов по шкале индикатора (серия состоит из отсчетов, снятых за два-три оборота стола при данном развороте контактной линейки) координируется по единой системе отметок последовательных мгновенных положений

стола, при которых происходит вспышка лампы индикатора кинематометра (момент снятия отсчета). Отметки делаются мелом на боковой поверхности планшайбы и нумеруются порядковыми числами (число меловых отметок равно числу контактных шпилек используемого диска). Положение стола по меловой отметке определяется в момент прохождения ее против условного ориентира на неподвижной части стола.

По всем отсчетам, сделанным при каждом угловом положении стола, подсчитываются средние арифметические значения из $n = ab$ величин, где a — число контролируемых оборотов стола в серии, b — число

серий, например, $b = \frac{40}{5} = 8$ при $N=40$ и интервале смещения контактной линейки на пять шагов шпилек. Всего получается N средних из одной проверки станка. По этим средним строится график суммарной погрешности цепи деления станка по углу поворота его стола при данном направлении вращения стола. Для получения оценки суммарной погрешности при обратном вращении стола достаточно одна серия отсчетов (два-три оборота стола без каких-либо последующих измерений со смещенной контактной линейкой).

Из двух-трех показаний прибора, снятых при каждом мгновенном положении стола, находятся средние арифметические величины. В каждую из полученных N средних величин вносится поправка x , определяемая следующим порядком.

Из предыдущего измерения, выполненного при прямом вращении стола, находятся средние арифметические величины из показаний, снятых в моменты касания данного контактного ножа линейки с данной контактной шпилькой (шпиляки должны быть занумерованы).

Каждая из полученных средних есть ошибка прибора, входящая в отсчет показания прибора, при работе данной шпильки. Если принять ошибку показаний прибора на одной из шпилек, равной нулю, то ошибки отсчетов на всех других шпильках получат соответственные знаки. Следует иметь в виду, что знаки ошибок показаний прибора при реверсировании вращения стола меняются на обратные.

Максимальная суммарная погрешность цепи деления станка, соответствующая одному полному обороту стола, определяется как наибольшая алгебраическая разность показаний кинематометра (средних величин) на одном обороте стола, умноженная на цену деления шкалы ин-

дикатора кинематометра (цена деления равна $1200 \frac{n_c}{n_u}$, где n_c — число оборотов стола станка, а n_u — число оборотов валика индикатора кинематометра).

Определение составляющей ошибки, происходящей от дефектов работы делительного червяка (циклической ошибки). Порядок наладки станка и измерительных средств для определения составляющей этой ошибки тождествен приведенным выше. Особенности проверки состоят в следующем. Наблюдение и запись показаний индикатора кинематометра производятся на двух-трех оборотах стола станка, после чего гитара деления станка расцепляется, червяк делительной пары поворачивается по ходу точно на 180° и шестерни гитары вновь сцепляются. Расцепление шестерен гитары деления производится в таком положении станка, при котором контактные ножи линейки отправителя оказываются взаимно замкнутыми контактными шпильками диска.

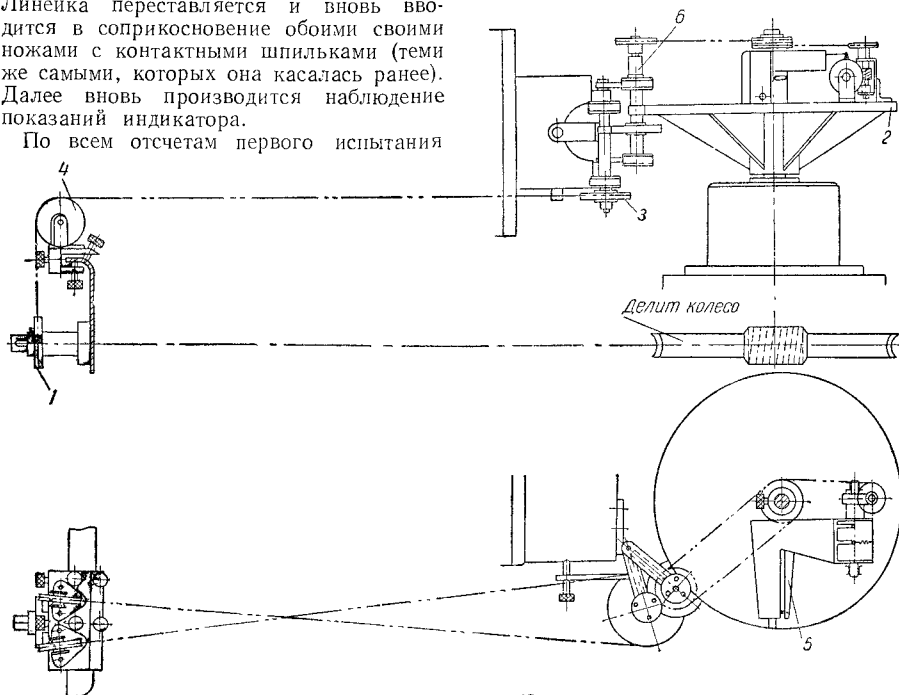
При повороте червяка стол также повернется, и контактные шпильки диска отправителя отойдут от ножей линейки. Линейка переставляется и вновь вводится в соприкосновение обоими своими ножами с контактными шпильками (теми же самыми, которых она касалась ранее). Далее вновь производится наблюдение показаний индикатора.

По всем отсчетам первого испытания

определяются средние арифметические величины и вычитаются из средних арифметических величин, взятых по отсчетам при срабатывании соответственных контактных шпилек отправителя во втором испытании. Полученные таким образом разности в количестве, равном числу контактных шпилек используемого диска, подвергаются гармоническому анализу согласно инструкции по пользованию кинематометром с целью определения амплитуды с частотой, равной числу зубьев червячного делительного колеса контролируемого станка.

Проверка производится при вращении стола в обе стороны. Циклическая погрешность цепи деления станка определяется как найденная амплитуда гармонической составляющей. При определении циклической ошибки изложенным методом влияние погрешностей прибора (неточности расположения шпилек диска отправителя) исключается само собой при получении разностей показаний.

Непрерывная проверка цепи деления зуборезного станка прибором завода «Комсомолец». Прибор завода «Комсомолец» предназначен для контроля точности цепи деления зуборезных станков способом



Фиг. 117.

непрерывной проверки. С помощью этого прибора записываются на бумаге относительные угловые избыточные перемещения стола в виде непрерывной кривой.

Положенный в основу данного прибора принцип проверки состоит в кинематическом замыкании проверяемой цепи деления станка или ее части со включением в нее делительного механизма, другой, параллельной цепью, составленной из дисков, связанных взаимно гибкой связью и фрикционных передач. На фиг. 117 показана схема одного из конструктивных вариантов прибора завода «Комсомолец».

На валу червяка делительного механизма устанавливается диск 1. Соосно со столом (планшайбой, шпинделем) помещается диск 2, могущий свободно вращаться на своей оси. Вращение от диска 1 передается диску 2 посредством гибкой связи через диск 3 и две фрикционные пары. Ролики 4 обеспечивают возможность связи дисков 1 и 3 при любом расположении осей последних. На оси диска 2, вращающегося совместно со столом (планшайбой, шпинделем) станка, укреплен рычаг 5, воздействующий на систему самописца, регистрирующую относительные угловые перемещения рычага 5 и диска 2. Лента, на которой регистрируются результаты контроля самописцем, получает движение при помощи гибкой связи с валика 6 фрикционного элемента.

В отличие от других методов контроля точности кинематических цепей метод, реализуемый прибором завода «Комсомолец», обеспечивает получение не отдельных дискретных значений функций кинематической ошибки цепи, а непосредственно ее график. Возможность получения такого графика является весьма ценной.

Однако для определения с необходимой точностью и полнотой возможных составляющих кинематической ошибки полученная кривая непосредственно использоваться быть не может. Для анализа этой кривой необходимо оперировать с отдельными (дискретными) значениями ее ординат, измеренными через равные интервалы по абсциссе, если запись осуществлена достаточно точно.

Контроль точности кинематических цепей, связывающих вращающиеся и поступательно движущиеся звенья

Зуборезные станки

Косвенный, т. е. производимый по изде-
лию, контроль точности кинематических

цепей зуборезных станков, связывающих между собой быстро вращающееся звено, например шпиндель или стол со звеном, имеющим сравнительно медленное поступательно-прямолинейное движение, например с суппортом зубофрезерного станка, не представляется возможным. Поэтому подобные цепи зуборезных станков контролируются только непосредственно.

Замеры производятся в данных случаях универсальными измерительными средствами, так как никаких специальных приборов для контроля согласованности прямолинейно-поступательных и вращательных движений звеньев цепей зуборезных станков пока еще не производится.

Общий принцип контроля сводится к точной фиксации поворотов (обычно кратных 2π) вращающегося звена и измерению соответствующих им перемещений прямолинейно-поступательно движущегося звена.

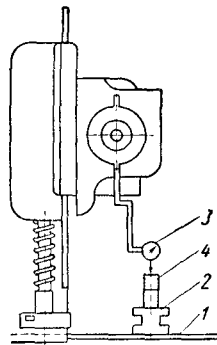
Применительно к зубофрезерным станкам (цепь подачи суппорта) подобный контроль может быть осуществлен, например, следующими способами.

Проверка по плиткам.

На горизонтальные направляющие станка 1 (фиг. 118) в поперечной плоскости станка кладется контрольная линейка 2. К суппорту станка прикрепляется стойка с индикатором 3 (цена деления 0,002 мм).

На верхнюю плоскость контрольной линейки под индикатором устанавливается набор плоскопараллельных концевых мер 4 так, чтобы штифт индикатора уперся в плоскость верхней плитки, когда суппорт находится в верхнем своем положении.

Цель дифференциала станка выключается, гитара подачи настраивается на большую, но отличную (неравную и не кратную) шагу ходового винта подачу, гитара деления настраивается так же, как при нарезании зубчатого колеса с числом зубьев порядка 100. На планшайбе стола устанавливается откидной упор, по которому с помощью индикатора (цена деления 0,01 мм), установленного на стойке, прикрепленной к неподвижной части станка, фиксируется угловое положение стола.



Фиг. 118.

Вначале отмечаются нулевые положения стола и суппорта по соответствующим индикаторам, шкалы которых ставятся на нули; далее столу станка дается точно один, два или три полных оборота, фиксируемых по индикатору и откидному упору, и отмечается положение суппорта по второму индикатору 3. Эта последняя операция повторяется многократно, в результате чего получается ряд данных о последовательных положениях суппорта. Подвод стола к нужному положению должен осуществляться всегда в одном направлении. В случае перебега стол необходимо повернуть назад и вновь подвести к нужному положению в прежнем направлении, с тем чтобы все зазоры в элементах кинематической цепи, образовавшиеся при реверсе, были полностью выбраны.

Показания индикатора 3, фиксирующего положения суппорта, должны сниматься в пределах одной и той же четверти его шкалы, что необходимо для исключения ошибок самого индикатора. Для этого набор плоскопараллельных мер должен последовательно уменьшаться на величину номинального перемещения суппорта. Накопленная погрешность шага ходового винта опреде-



Фиг. 119.

ляется как наименьшая разность между действительными и номинальными перемещениями суппорта.

Проверка методом нанесения штрихов. На суппорте зубофрезерного станка укрепляется шлифованный валик 1 (фиг. 119). Ось валика располагается параллельно оси стола (шпинделя). На столе станка (планшайбе) на некотором расстоянии от его оси укрепляется стойка (державка) 2, несущая на себе остро заточенный резец или иглу 3, который при вращении стола (планшайбы) наносит на валике 1 тонкую риску.

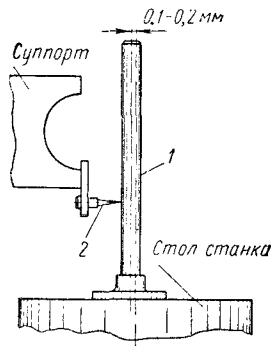
Число наносимых на валик рисок равно числу оборотов, которые сделает стол

(планшайба) станка за время испытания; расстояние между соседними рисками, измеренное в направлении оси валика, равно действительной величине подачи суппорта на оборот стола.

Измерение расстояния между рисками производится в измерительной лаборатории на измерительной машине для контроля длин после снятия валика 1 со станка.

Для получения более четких рисок валик перед испытанием может быть закопчен или обмеднен.

Существует и другой вариант подобной проверки (фиг. 120). Обмедненный или



Фиг. 120.

закопченный валик 1 укрепляется на столе (планшайбе) станка. Ось валика параллельна оси стола, но с ней не совпадает (эксцентриситет установки валика 0,1—0,2 мм). На суппорте станка укрепляется остро заточенный резец 2 или игла, наносящая на поверхности валика винтовую риску.

Измерение равномерности осевого шага полученной риски на валике выполняется так же, как и в предыдущем случае на измерительной машине. Эксцентричная установка валика на столе (планшайбе) обеспечивает различную глубину рисок, что дает возможность произвести измерения шага рисок по образующей валика, на которой они будут достаточно четки.

Другие способы проверки. Возможны и другие способы проверки цепи подачи суппорта зубофрезерных станков, например измерение перемещений суппорта не плоскопараллельными концевыми мерами, а по точной шкале с помощью микроскопа.

Определение ошибок может производиться также путем перемещения на определенной, заранее выбранную величину

суппорта и измерением соответствующих этим перемещениям углов поворота вращающегося звена цепи.

Винторезные станки

Кинематическая цепь винторезного станка в отличие от подобной ей ветви кинематической цепи зуборезного станка поддается как косвенному, так и непосредственному контролю.

Косвенный контроль. Косвенный контроль кинематической цепи винторезного станка осуществляется путем нарезания на контролируемом станке пробного винта и последующего измерения его ошибок.

Выбор параметров пробного винта (диаметр, длина, шаг нарезки) должен производиться на основе следующих соображений.

1. Длина пробного винта должна быть достаточной для оценки кинематической точности станка в пределах всего возможного перемещения суппорта или по крайней мере в пределах практически используемой части этого перемещения.

2. Диаметр пробного винта выбирается из условий жесткости (необходимость исключения влияния прогиба на точность нарезки).

3. Шаг пробного винта может быть любым в пределах, осуществляемых на данном станке лишь в том случае, если имеется возможность последующие измерения пробного винта произвести не только по осевому шагу (измерение по данному осевому сечению), но и по точкам, лежащим внутри витка. При отсутствии такой возможности шаг пробного винта должен быть выбран неравным и некратным шагу ходового винта контролируемого станка для того, чтобы при условии контроля лишь осевого шага нарезки определить циклические (внутришаговые) ошибки ходового винта (см. раздел «Косвенный контроль кинематической точности зуборезного станка по нарезанному колесу», стр. 633).

Чтобы оценить точность винторезного станка полностью, необходимо нарезание пробных винтов обоих направлений нарезки (ход суппорта справа налево и слева направо).

Измерения пробного винта должны быть абсолютными и непосредственными, для чего необходимо использование измерительных машин со шкалами достаточной длины.

При оценке результатов измерения пробного винта необходимо иметь в виду, что

график накопленных ошибок осевого шага винта (измеряются непосредственно, а не путем суммирования отклонений единичных шагов) не есть еще график действительной ошибки кинематической цепи винторезного станка, поскольку график накопленных ошибок представляет собой ломаную линию, построенную по отдельным значениям функции кинематической ошибки станка.

Метод определения основных составляющих функциональной ошибки по отдельным (дискретным) ее значениям излагается ниже (стр. 644).

Непосредственный контроль. Непосредственный контроль винторезного станка может производиться следующими способами.

Способ первый аналогичен описанному выше контролю точности кинематической цепи зуборезного станка, вызывающей вращающиеся и поступательно движущиеся звенья по плиткам. Этот способ не является совершенным ввиду того, что замеры производятся не на ходу станка; поэтому применение его допустимо лишь при контроле легких станков.

Способ второй основан на использовании эталонного винта с гайкой. Между центрами задней и передней бабок контролируемого винторезного станка устанавливается эталонный винт с плотно накрученной на него точной гайкой. Гайка лишается возможности поворачиваться вокруг своей оси. К торцу гайки подводится индикатор с ценой деления $0,002 \text{ мм}$, закрепленный на суппорте контролируемого станка. Станок настраивается так же, как при нарезании винта с шагом, равным шагу эталонного винта.

При непрерывном медленном движении станка снимаются показания индикатора через равные интервалы, соответствующие перемещениям суппорта на расстояния, которые не должны быть равны и кратны шагу ходового винта контролируемого станка. Проверка производится при движении суппорта станка в обе стороны.

По показаниям индикатора строится график суммарной ошибки. Для определения составляющих действительной ошибки кинематической цепи необходима дополнительная обработка результатов измерения методами, изложенными ниже.

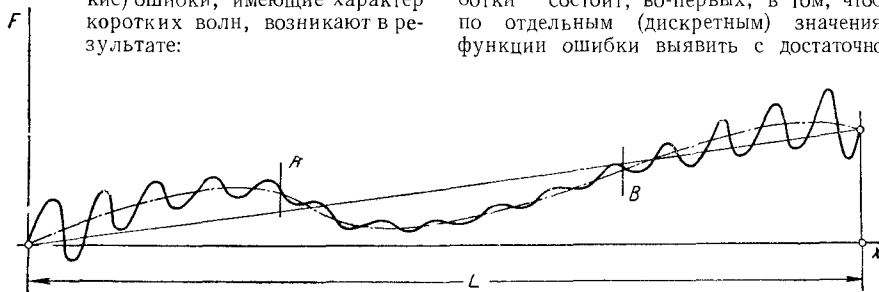
Подобная проверка кинематической точности станка может производиться и с автоматической записью непосредственно графика функциональной ошибки кинематической цепи.

При анализе графиков функциональных ошибок винторезного станка (фиг. 121) необходимо учитывать следующее:

1. Общее искривление линии, вокруг которой как бы вьется график кинематической ошибки, обуславливается непостоянством нарастания ошибки (неравномерный износ ходового винта, его деформация или технологическая неточность).

2. Постоянный подъем или опускание кривой — монотонное накопление ошибки вызывается растяжением или сокращением шага или температурными влияниями.

3. Периодические (циклические) ошибки, имеющие характер коротких волн, возникают в результате:



Фиг. 121.

а) внутришаговых ошибок ходового винта;

б) бienia винта, если длина волны равна шагу ходового винта;

в) эксцентриситета промежуточного звена цепи, например сменного зубчатого колеса (определяется путем установления соответствия периода ошибки периоду одного оборота колеса);

г) совместного влияния двух или большего числа указанных факторов, если волна имеет переменную высоту*.

Необходимые для проверки этим способом эталонные винты изготавливаются специализированными заводами.

Определение основных составляющих функциональной ошибки

При применении существующих методов контроля точности кинематических цепей приходится пользоваться отдельными мгновенными значениями функции

ошибки, измеренными более или менее часто за цикл движения кинематической цепи. Эти измерения могут отличаться высокой степенью точности, однако непосредственный результат контроля последовательных отдельных мгновенных значений функции кинематической ошибки, полученный любым из известных способов измерения, не отражает в полной мере ошибки цепи. Результаты измерений должны быть восполнены их обработкой на основе известного в настоящее время характера и свойств ошибки кинематической цепи всякого станка вообще. Задача подобной обработки* состоит, во-первых, в том, чтобы по отдельным (дискретным) значениям функции ошибки выявить с достаточной

полнотой вид самой функции, определив при этом и характер ее течения и предельные значения, и, во-вторых, что часто оказывается особенно важным для работников ремонтной службы, определить основные, наиболее существенные составляющие и их возможные причины.

Исходные соображения, определяющие методику упомянутой обработки, заключаются в следующем.

Функция ошибки кинематической цепи станков, равно как и функция соответствующей ошибки зубчатого колеса, представляется волнообразной кривой с большим количеством волн. На фиг. 122 представлена в качестве примера в упрощенном схематическом виде ошибка делительной цепи зуборезного станка, делительная пара которого состоит из однозаходного червяка и колеса с числом зубьев $z_d = 84$.

При измерении кинематической ошибки делительной цепи этого станка в различных комплексах положений цепи в моменты отсчетов будут получаться различные комплексы точек измерений, вполне отлич-

* Из этого следует, что относительная малая высота волн на участке AB графика (фиг. 121) еще не говорит о точности станка на этом участке движения суппорта; при другом сочетании составляющих, например при перестановке сменного колеса, картина ошибки может коренным образом измениться.

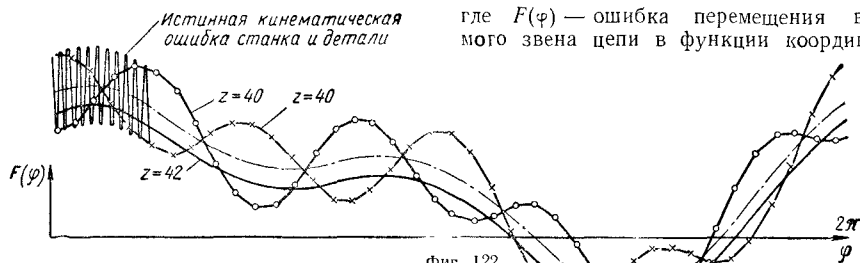
* Подробное изложение методики такой обработки содержится в кн. № 65 ЦНИИТМАШ „Повышение кинематической точности зубофрезерных станков“, Машгиз, 1954.

ные друг от друга. Так, при 40 равностоящих отсчетах на оборот стола станка (через каждые 9° поворота стола) в результате измерений получается система точек, показанных на фиг. 122 кружками, соединенными отрезками прямых. При том же числе единичных измерений на оборот, но смещенных относительно первого комплекса замеров, будет получена новая система точек, изображенных на фиг. 122 крестиками. Такие результаты промеров были бы получены при измерении ошибки делительной цепи кинематомет-

Функция ошибки кинематической цепи (ошибки перемещения ведомого звена цепи) может быть представлена с любой степенью точности в виде суммы тригонометрических функций

$$F(\varphi) = \left(a_1 \cos \frac{2\pi}{L} \varphi + b_1 \sin \frac{2\pi}{L} \varphi \right) + \left(a_2 \cos 2 \frac{2\pi}{L} \varphi + b_2 \sin 2 \frac{2\pi}{L} \varphi \right) + \dots + \left(a_n \cos n \frac{2\pi}{L} \varphi + b_n \sin n \frac{2\pi}{L} \varphi \right), \quad (1)$$

где $F(\varphi)$ — ошибка перемещения ведомого звена цепи в функции координаты



ром с числом контактных роликов на диске $N = 40$.

Те же результаты получаются при нарезании на данном станке пробного колеса с числом зубьев $z = 40$ при построении графика накопленной ошибки окружного шага по промерам колеса.

Отличающиеся формы ломаной, соединяющей точки измерений, получаются в зависимости от того, на каком радиусе пробного колеса производится промер окружных шагов.

На той же фиг. 122 показаны результаты измерения рассматриваемой функции ошибки делительной цепи в 42 точках за оборот стола станка. Это измерение могло бы быть получено с помощью кинематометра при использовании диска с 42 контактами или определением накопленной ошибки окружных шагов по пробной шестерне с числом зубьев $z = 42$. Как видно из графика, все точки измерений отражают плавный изгиб кривой ошибки, а составляющая ошибки цепи с 84 волнами совершенно теряется при измерении.

Таким образом, одна и та же функция ошибки кинематической цепи, измеренная в различных системах мгновенных положений цепи, в непосредственном результате измерений может выглядеть различно. Поэтому важно уметь установить связь между истинным видом функции ошибки цепи и результатом той или иной системы дискретных измерений этой ошибки.

его положения; $a_1, \dots, a_n; b_1, \dots, b_n$ — коэффициенты гармонических составляющих ошибки; φ — координата, определяющая номинальное положение конечного звена цепи от принятого начального положения кинематической цепи; L — длина пути ведомого звена за полный цикл работы.

С другой стороны, дискретные значения функции ошибки (точки, соединенные ломаными линиями на фиг. 122), измеренные в N равноотстоящих по L точках (с интервалом $\frac{L}{N}$), могут быть интерполированы тригонометрическим полиномом вида

$$P(\varphi) = \left(A_1 \cos \frac{2\pi}{L} \varphi + B_1 \sin \frac{2\pi}{L} \varphi \right) + \left(A_2 \cos 2 \frac{2\pi}{L} \varphi + B_2 \sin 2 \frac{2\pi}{L} \varphi \right) + \dots + \left[A_{\frac{N}{2}-1} \cos \left(\frac{N}{2} - 1 \right) \frac{2\pi}{L} \varphi + B_{\frac{N}{2}-1} \sin \left(\frac{N}{2} - 1 \right) \frac{2\pi}{L} \varphi \right] + \dots + A_{\frac{N}{2}} \cos \frac{N}{2} \frac{2\pi}{L} \varphi. \quad (2)$$

* Имеется в виду, что N — четное число.

В этих равенствах $A_1, B_1, \dots, A_{\frac{N}{2}-1}$ и $B_{\frac{N}{2}-1}$ — коэффициенты тригонометри-

ческого полинома, интерполирующего точки измерения функции ошибки кинематической цепи (или значения соответствующей накопленной ошибки зубьев пробного колеса).

Эти коэффициенты вычисляются обычными способами, известными в прикладном гармоническом анализе.

Между найденными коэффициентами полинома (2) и коэффициентами гармонических составляющих функции ошибки [равенство (1)] имеют место зависимости

$$\begin{aligned} A_1 &= a_1 + a_{N+1} + a_{N-1} + a_{2N+1} + a_{2N-1} + \\ &+ \dots + a_{mN+1} + \dots; \\ B_1 &= b_1 + b_{N+1} - b_{N-1} + b_{2N+1} - \\ &- b_{2N-1} + \dots + b_{mN+1} + \dots \quad (3) \end{aligned}$$

В равенствах (3) все обозначения прежние: m — любое целое положительное число.

Для того чтобы уяснить смысл равенства (3), рассмотрим их применение к нескольким примерам.

Представленная на фиг. 122 функция ошибки делительной цепи станка представляется суммой следующих гармонических составляющих:

$$F(\varphi) = a_1 \cos \varphi + b_1 \sin \varphi + a_2 \cos 2\varphi + b_2 \sin 2\varphi + a_{84} \cos 84\varphi + b_{84} \sin 84\varphi. \quad (4)$$

При измерении этой ошибки в 40 точках (кинематометром или по накопленной ошибке шага пробного колеса с числом зубьев $z = N = 40$) получены точки, обозначенные на фиг. 122 кружками.

Тригонометрический полином, интерполирующий эти точки, имеет вид

$$P(\varphi) = A_1 \cos \varphi + B_1 \sin \varphi + A_2 \cos 2\varphi + B_2 \sin 2\varphi + A_4 \cos 4\varphi + B_4 \sin 4\varphi. \quad (5)$$

Сопоставляя коэффициенты из равенства (4) с коэффициентами из равенства (5), усматриваем, что

$$A_1 = a_1; \quad A_2 = a_2; \quad A_4 = a_{84} \\ (84 = 2 \cdot 40 + 4).$$

Таким образом, гармонические составляющие функции ошибки с низкими частотами [равенства (1) и (2), характеризующие плавную часть ошибки цепи] обнаруживаются без искажений в виде соответствующих членов тригонометри-

ческого полинома, интерполирующего точки измерения накопленной ошибки шага. При этом как амплитуда, так и частота членов полинома равна соответствующим параметрам гармонических составляющих ошибки цепи, гармоника же частоты 84 в интерполируемом тригонометрическом полиноме (5) отразилась в виде члена с частотой 4 (из условия $84 = 2 \cdot 40 + 4$) и с неискаженной амплитудой. Последнее обстоятельство легко усмотреть из четвертого равенства системы (3) для $N = 40$:

$$A_4 = a_4 + a_{44} + a_{36} + a_{84} + a_{76} \dots \quad (6)$$

Так как ошибка не содержит членов разложения с частотами 4, 44, 36, 76 и т. д., то

$$a_4 = a_{44} = a_{36} = a_{76} = 0,$$

и поэтому из равенства (6) получаем

$$A_4 = a_{84}.$$

Представление гармоника ошибки цепи с частотой 84 в виде члена полинома (при $N = 40$) с частотой 4 может быть пояснено также следующим рассуждением. Функция ошибки измеряется в 40 точках, отстоящих друг от друга в угловых единицах на расстоянии $\frac{360^\circ}{40} = 9^\circ$.

На этом угловом интервале гармоника действующей ошибки с частотой 84 совершает число циклов

$$9: \frac{360}{84} = 2 \frac{1}{10}.$$

На каждом последующем интервале 9° число циклов гармоники с частотой 84 будет увеличиваться (от начала) на $2\frac{1}{10}$.

Так как целое число прошедших до очередного измерения циклов не влияет на результат измерения, то точки, характеризующие ошибку цепи, будут располагаться так, как будто, смещаясь на интервал 9° , фиксируют течение ошибки на $\frac{1}{10}$ ее цикла. Ясно, что на 10 последовательных измерениях через 9° , т. е. на интервале 90° , мы получим полный цикл $\frac{10}{10}$ рассматриваемой гармоники, а за полный оборот стола станка этот цикл будет повторен 4 раза, из-за чего гармоника с частотой 84 при измерении в 40 точках за оборот представится, как уже указывалось, членом полинома с частотой 4.

На графике накопленной ошибки окружного шага для рассматриваемого случая (фиг. 122) видны четыре волны, которые и являются следствием измерения

в 40 точках ошибки, имеющей в своем составе гармонику с частотой 84.

При обработке на том же станке ($z_c = 84$) пробного зубчатого колеса с числом зубьев, равным 85, на каждый шаг колеса приходится $85/84$ волны с периодом $\tau = \frac{2\pi}{85}$ (на каждый шаг колеса придется $11/84$ длины волны с периодом τ). Характер изменения накопленной ошибки, найденной при измерении, будет таким, что интерполирующий полином примет вид

$$P(\varphi) = A'_1 \cos \varphi + B'_1 \sin \varphi + A_2 \cos 2\varphi + B_2 \sin 2\varphi,$$

в котором $C' = \sqrt{A_1'^2 + B_1'^2}$ может оказаться любым с пределах от суммы амплитуд первой и 85-й составляющих действующих ошибки обката до их разности. Все здесь зависит от радиуса окружности, по которой производится измерение окружного шага. Те же явления будут иметь место и при $N = 83$.

Изложенное объясняет часто имеющее место большое различие результатов определения не только характера ошибки делительной цепи станка по накопленной ошибке окружного шага зубчатых колес, нарезанных на одном и том же станке, но и результатов нескольких последовательных измерений величины накопленной ошибки окружного шага одного и того же зубчатого колеса.

Если функция ошибки кинематической цепи определена в результате измерений и детальной обработки в виде формулы (1), то по самому виду выражения (2), сопоставляемого с кинематической схемой цепи, могут быть установлены главные причины, порождающие неточности работы цепи. Для этого следует по кинематической схеме контролируемой цепи установить число циклов, совершаемых различными звеньями цепи за один полный цикл ведомого звена. Например, для делительной цепи зубофрезерного станка вопрос сводится к определению передаточных отношений от стола станка к делительному червяку и к другим быстроходным звеньям цепи. Соответствующие различным звеньям передаточные отношения следует сопоставить с частотами членов ряда (1), и если в ряду (1) имеется член с частотой, равной передаточному числу к определенному звену цепи, то эта составляющая ошибки вероятнее всего вызывается ошибкой изготовления или монтажа данного звена. Часто ряд (1)

содержит также член с частотой $2n$, которая порождается тем же звеном, что и член с частотой n (когда характер порождаемой звеном ошибки отличается от синусоидального).

Практически, поскольку в последней паре кинематической цепи осуществлено снижение скорости с большим передаточным отношением, то функция ошибки цепи определяется главным образом ошибками изготовления и монтажа последних двух звеньев цепи (в том числе ведомого), так как большое передаточное отношение в последней паре является как бы фильтром, резко уменьшающим влияние ошибок прочих звеньев цепи.

Так, например, в делительной цепи зубофрезерного станка при однозаходном червяке и числе зубьев делительного колеса z_c функция ошибки цепи в основном содержит низкочастотные составляющие $n = 1, 2, 3, 4$, отражающие характер течения накопленной ошибки шага зубьев делительного колеса, и высокочастотные составляющие $n = z_c, 2z_c$, отражающие ошибку делительного червяка и ошибку его монтажа.

Исключение влияния неточности измерительных средств при определении функциональных кинематических ошибок

Если измерительные средства, используемые для непосредственного контроля кинематических цепей зуборезных и винторезных станков, недостаточно точны, то в целях исключения влияния погрешностей измерительных средств может быть рекомендовано применение разностных измерений.

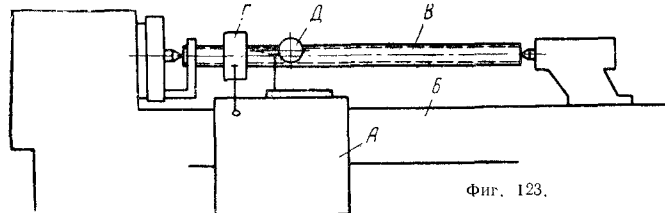
Применение разностных измерений практически дает возможность отказаться от необходимости использования эталонных винтов при контроле кинематической точности винторезных станков, дисков кинематометров с точным расположением контактных шпилек, при контроле кинематической точности зуборезных станков и аналогичных элементов других приборов для контроля точности кинематических цепей.

Сущность разностных измерений функциональных ошибок кинематических цепей может быть пояснена следующим примером.

Фиг. 123 схематически иллюстрирует описанную выше проверку точности кинематической цепи винторезного станка, осуществляемую обычно на базе эталонного винта.

Если A — суппорт контролируемого станка, B — его направляющая, V — некоторый винт (при обычной проверке — эталонный), Γ — гайка винта и D — система, регистрирующая относительные перемещения суппорта A и гайки Γ , а сле-

где A_0 — постоянная, зависящая от выбора начала отсчетов y и y_1 ; A_k и B_k — коэффициенты Фурье, функции ошибки станка; k — номер гармонической составляющей функции ошибки станка; L — полное перемещение суппорта при измерении (выбирается в целое число раз большим интервалов, соответствующих циклам действия основных составляющих функции ошибки станка).



Фиг. 123.

довательно, сумму функциональных ошибок станка и винта B , то

$$y = F_C(x) + f_B(x), \quad (7)$$

где x — координата, определяющая положение суппорта на его направляющей (или положение ведущего звена цепи, например, угол поворота шпинделя контролируемого станка).

В обычных условиях (случай использования эталонного винта) $f_B(x)$ пренебрежимо мало по сравнению с ошибкой станка $F_C(x)$, и поэтому принимается, что

$$y = F_C(x).$$

Когда слагаемым $f_B(x)$ пренебречь нельзя, производятся еще два измерения, отличающиеся тем, что суппорту A даются предварительные смещения на x_1 и x_2 соответственно. При этом x_2 не должно быть кратным x_1 . В результате этих измерений получается:

$$y_1 = F_C(x + x_1) + f_B(x); \quad (8)$$

$$y_2 = F_C(x + x_2) + f_B(x). \quad (9)$$

Разность формулы (7) и (8) не содержит $f_B(x)$ и представляет собой конечную разность функции ошибки станка, т. е.

$$y - y_1 = F_C(x) - F_C(x + x_1).$$

Таким образом, погрешность винта B как измерительного средства исключается, разность же $y - y_1$ может быть представлена в виде суммы тригонометрических функций

$$y - y_1 = A_0 + \sum_1^n A_k \cos k \frac{2\pi}{L} x + \\ + \sum_1^n B_k \sin k \frac{2\pi}{L} x,$$

при этом определяются как

$$\Delta k = \frac{\sqrt{A_k^2 + B_k^2}}{2 \sin \frac{kx_1}{2}},$$

а их фазы как

$$Q_k = \text{arctg} \frac{A_k}{B_k} - k \frac{x_1}{2}.$$

Для того чтобы определить возможный источник каждой из обнаруженных анализом гармонических составляющих функциональной ошибки станка, периоды (интервалы действия $l = \frac{L}{k}$) этих составляющих сопоставляются с периодами полных оборотов звеньев кинематической цепи контролируемого станка.

Следует указать, что тригонометрический ряд, в который раскладывается разность $y - y_1$, не содержит гармонических составляющих с периодом, равным $\tau = \frac{2\pi x_1}{L}$ или в целое число раз меньше его. Для обнаружения этих составляющих необходимо воспользоваться разностью формул (7) и (9) и, разложив ее также в тригонометрический ряд, найти выпавшие ранее составляющие дополнительно.

Во избежание этих дополнительных работ следует выбирать предварительное смещение x_1 таким, чтобы оно не было равным и кратным интервалу действия возможных (ожидаемых) составляющих ошибки контролируемой цепи.

При таком выборе второго измерения со смещением суппорта на x_2 можно не делать.

Другой, менее общий пример применения разностного измерения ошибки да-

был выше применительно к определению циклической ошибки цепи деления зубо-фрезерного станка.

Разностные измерения функциональных кинематических ошибок кинематических цепей винторезных станков и других цепей с незамкнутой траекторией и циклом движения ведомого звена обладают тем недостатком, что они не дают возможности обнаружить прогрессивно нарастающие слагаемые функциональной ошибки, т. е. такие слагаемые, которые

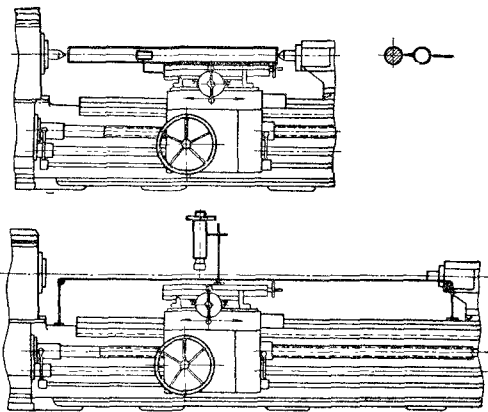
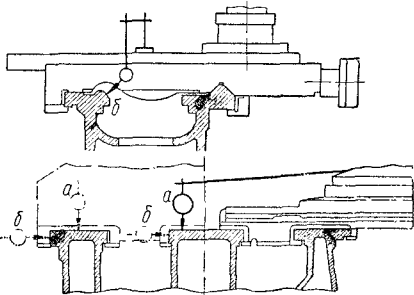
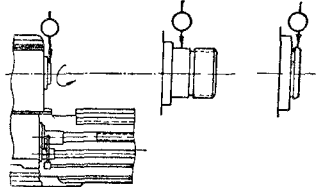
подчиняются закону $\Delta = ax + b$ (этому закону подчинены ошибки, обусловленные температурными деформациями и неравенством номиналу среднего значения шага ходового винта). Учитывая это обстоятельство, разностные измерения должны дополняться контролем среднего значения шага ходового винта. Подобный контроль должен сводиться к абсолютным измерениям пути, пройденного суппортом станка за целое число оборотов ходового винта станка.

НОРМЫ ТОЧНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ

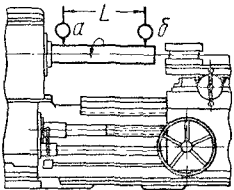
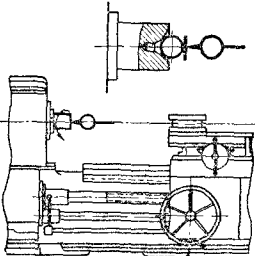
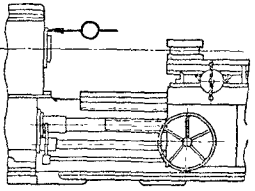
Металлорежущие станки

15. Станки токарные повышенной точности с наибольшим диаметром обрабатываемого изделия до 500 мм и расстоянием между центрами до 1500 мм и станки общего назначения с наибольшим диаметром обрабатываемого изделия до 6300 мм и расстоянием между центрами до 20 000 мм (ГОСТ 1969-43 и 42-56)

Объект проверки	Допуск в мм для станков																															
Проверка точности станка																																
1а. Прямолинейность направляющих станины в вертикальной плоскости — для станков повышенной точности 1б. Прямолинейность перемещения суппорта, проверяемая в вертикальной плоскости — для станков общего назначения	Повышенной точности: $\frac{0,015}{1000}$ Общего назначения: 1) 0,02 на 1 м хода суппорта; 2) на всей длине хода суппорта при длине хода: до 2 м — 0,04; до 4 м — 0,06; до 8 м — 0,08; до 12 м — 0,10; до 16 м — 0,12; до 20 м — 0,16 (Допускается только выпуклость)																															
2. Перекосы суппорта при его перемещении	Повышенной точности: $\frac{0,02}{1000}$ на длине 1 м. Общего назначения: 1) на 1 м хода суппорта для станков с наибольшим диаметром обрабатываемого изделия: до 800 мм $\frac{0,02}{1000}$, св. 800 мм $\frac{0,03}{1000}$; 2) на всей длине хода суппорта																															
Примечание. По станкам повышенной точности ограничиваются контролем параллельности направляющих станины.	<table><tr><th rowspan="2">Длина хода суппорта в м</th><th colspan="3">Для станков с наибольшим диаметром обрабатываемого изделия в мм</th></tr><tr><th>до 800</th><th>до 1600</th><th>св. 1600</th></tr><tr><td>До 2</td><td>$\frac{0,03}{1000}$</td><td>$\frac{0,04}{1000}$</td><td>—</td></tr><tr><td>До 4</td><td>$\frac{0,04}{1000}$</td><td>$\frac{0,05}{1000}$</td><td>—</td></tr><tr><td>До 8</td><td>$\frac{0,06}{1000}$</td><td>$\frac{0,08}{1000}$</td><td>—</td></tr><tr><td>До 12</td><td>$\frac{0,08}{1000}$</td><td>$\frac{0,10}{1000}$</td><td>$\frac{0,10}{1000}$</td></tr><tr><td>До 16</td><td>$\frac{0,10}{1000}$</td><td>$\frac{0,10}{1000}$</td><td>$\frac{0,10}{1000}$</td></tr><tr><td>До 20</td><td>$\frac{0,10}{1000}$</td><td>$\frac{0,10}{1000}$</td><td>$\frac{0,12}{1000}$</td></tr></table>	Длина хода суппорта в м	Для станков с наибольшим диаметром обрабатываемого изделия в мм			до 800	до 1600	св. 1600	До 2	$\frac{0,03}{1000}$	$\frac{0,04}{1000}$	—	До 4	$\frac{0,04}{1000}$	$\frac{0,05}{1000}$	—	До 8	$\frac{0,06}{1000}$	$\frac{0,08}{1000}$	—	До 12	$\frac{0,08}{1000}$	$\frac{0,10}{1000}$	$\frac{0,10}{1000}$	До 16	$\frac{0,10}{1000}$	$\frac{0,10}{1000}$	$\frac{0,10}{1000}$	До 20	$\frac{0,10}{1000}$	$\frac{0,10}{1000}$	$\frac{0,12}{1000}$
			Длина хода суппорта в м	Для станков с наибольшим диаметром обрабатываемого изделия в мм																												
		до 800		до 1600	св. 1600																											
		До 2	$\frac{0,03}{1000}$	$\frac{0,04}{1000}$	—																											
		До 4	$\frac{0,04}{1000}$	$\frac{0,05}{1000}$	—																											
		До 8	$\frac{0,06}{1000}$	$\frac{0,08}{1000}$	—																											
		До 12	$\frac{0,08}{1000}$	$\frac{0,10}{1000}$	$\frac{0,10}{1000}$																											
		До 16	$\frac{0,10}{1000}$	$\frac{0,10}{1000}$	$\frac{0,10}{1000}$																											
До 20	$\frac{0,10}{1000}$	$\frac{0,10}{1000}$	$\frac{0,12}{1000}$																													

Объект проверки	Допуск в мм для станков
<p>3. Прямолинейность перемещения суппорта, проверяемая в горизонтальной плоскости</p> 	<p><i>Повышенной точности:</i> 0,01 на 1 м хода суппорта <i>Общего назначения:</i> 1) 0,020 на 1 м хода суппорта; 2) на всей длине хода суппорта: до 2 м — 0,03; до 4 м — 0,04; до 8 м — 0,05; до 12 м — 0,06; до 16 м — 0,08; до 20 м — 0,10 (при перемещении суппорт может иметь отклонение только к оси центров станка)</p>
<p>4. Параллельность направляющих задней бабки перемещению суппорта</p> 	<p><i>Повышенной точности</i> Параллельность перемещения задней бабки перемещению суппорта: а) в вертикальной плоскости 0,01 на длине 500 мм и 0,02 на всю длину (более 1 м); б) в горизонтальной плоскости 0,005 на длине 500 мм и 0,010 на всю длину (более 1 м). <i>Общего назначения:</i> а) для вертикальных направляющих 0,03 на длине 1 м; на всей длине хода: до 2 м — 0,04; до 4 м — 0,05; до 8 м — 0,06; до 12 м — 0,07; до 16 м — 0,08; до 20 м — 0,10; б) для горизонтальных и наклонных направляющих: 0,02 на длине 1 м; на всей длине хода: до 2 м — 0,025; до 4 м — 0,03; до 8 м — 0,04; до 12 м — 0,05; до 16 м — 0,06; до 20 м — 0,07</p>
<p>5. Радиальное биение центрирующей шейки шпинделя передней бабки</p> 	<p><i>Повышенной точности:</i> 0,003 <i>Общего назначения:</i> для станков с наибольшим диаметром обрабатываемого изделия: до 400 мм — 0,010; до 800 мм — 0,015; до 1600 мм — 0,020; до 3200 мм — 0,030; до 6300 мм — 0,040. <i>Примечание.</i> На станки с несъемными планшайбами проверка не распространяется.</p>

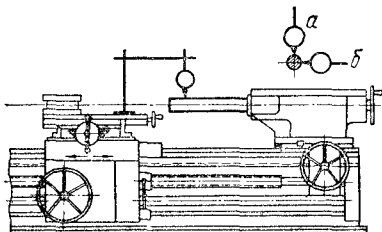
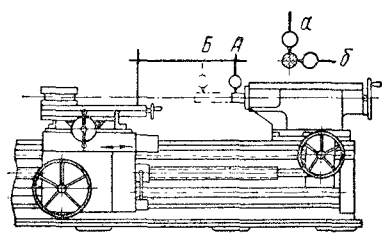
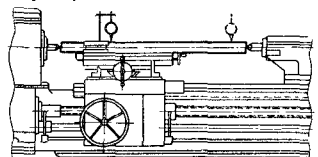
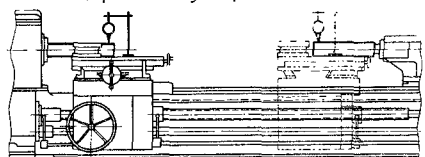
Продолжение табл. 15

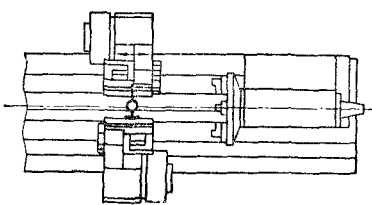
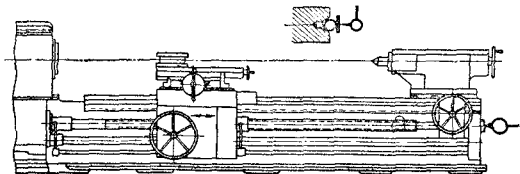
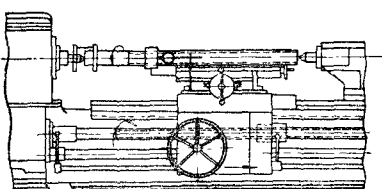
Объект проверки	Допуск в мм для станков		
<p>6. Радиальное биение оправки, установленной в отверстие шпинделя передней бабки:</p> <p>а) у торца шпинделя;</p> <p>б) на длине L от торца шпинделя</p>	<p><i>Повышенной точности:</i> у торца шпинделя 0,005, на расстоянии $L = 200$ мм от торца шпинделя — 0,010</p> <p><i>Общего назначения:</i></p>		
	для станков с наибольшим диаметром обрабатываемого изделия в мм	у торца шпинделя	на расстоянии $L = 300$ мм от торца шпинделя
	<p>До 400</p> <p>" 800</p> <p>" 1600</p> <p>" 3200</p> <p>" 6300</p>	<p>0,010</p> <p>0,015</p> <p>0,020</p> <p>0,030</p> <p>0,040</p>	<p>0,020</p> <p>0,025</p> <p>0,030</p> <p>0,050</p> <p>0,060</p>
<p>7. Осевое биение шпинделя передней бабки</p>	<p><i>Повышенной точности:</i> 0,005; для станков с корректирующим механизмом 0,002</p> <p><i>Общего назначения:</i> для станков с наибольшим диаметром обрабатываемого изделия: до 400 мм — 0,010; до 800 мм — 0,015; до 1600 мм — 0,020; до 3200 мм — 0,030; до 6300 мм — 0,040</p>		
	<p><i>Повышенной точности:</i> 0,010; 0,007 для станков с корректирующим механизмом</p> <p><i>Общего назначения:</i> для станков с наибольшим диаметром обрабатываемого изделия: до 400 мм — 0,020; до 800 мм — 0,025; до 1600 мм — 0,030; до 3200 мм — 0,040; до 6300 мм — 0,050</p>		
<p>8. Торцовое биение опорного буртика шпинделя передней бабки</p>	<p><i>Повышенной точности:</i> 0,010; 0,007 для станков с корректирующим механизмом</p> <p><i>Общего назначения:</i> для станков с наибольшим диаметром обрабатываемого изделия: до 400 мм — 0,020; до 800 мм — 0,025; до 1600 мм — 0,030; до 3200 мм — 0,040; до 6300 мм — 0,050</p> <p><i>Примечание.</i> На станки с несъемными планшайбами проверка не распространяется</p>		
			

Продолжение табл. 1

Объект проверки	Допуск в мм для станков																						
9. Параллельность оси шпинделя передней бабки перемещению суппорта	<p><i>Повышенной точности:</i> а) в вертикальной плоскости 0,01 на длине 200 мм; б) в горизонтальной плоскости 0,007 на длине 200 мм <i>Общего назначения:</i></p> <table><tr><td rowspan="2">для станков с наибольшим диаметром обрабатываемого изделия в мм</td><td>в вертикальной плоскости</td><td>в горизонтальной плоскости</td></tr><tr><td colspan="2">на длине 300 мм</td></tr><tr><td>До 400</td><td>0,030</td><td>0,012</td></tr><tr><td>" 800</td><td>0,030</td><td>0,015</td></tr><tr><td>" 1600</td><td>0,050</td><td>0,020</td></tr><tr><td>" 3200</td><td>0,060</td><td>0,025</td></tr><tr><td>" 6300</td><td>0,080</td><td>0,030</td></tr></table> <p>(свободный конец оправки может отклоняться только вверх и в сторону резца переднего суппорта)</p>			для станков с наибольшим диаметром обрабатываемого изделия в мм	в вертикальной плоскости	в горизонтальной плоскости	на длине 300 мм		До 400	0,030	0,012	" 800	0,030	0,015	" 1600	0,050	0,020	" 3200	0,060	0,025	" 6300	0,080	0,030
для станков с наибольшим диаметром обрабатываемого изделия в мм	в вертикальной плоскости	в горизонтальной плоскости																					
	на длине 300 мм																						
До 400	0,030	0,012																					
" 800	0,030	0,015																					
" 1600	0,050	0,020																					
" 3200	0,060	0,025																					
" 6300	0,080	0,030																					
10. Параллельность перемещения салазок суппорта оси шпинделя передней бабки	<p><i>Повышенной точности:</i> 0,02 на длине 100 мм <i>Общего назначения:</i> на длине хода салазок: до 100 мм — 0,03; до 300 мм — 0,04; до 500 мм — 0,05</p>																						
11. Радиальное биение оправки, установленной в центральном отверстии задней бабки, в случае применения: а) вращающегося центра, смонтированного в пиньоль; б) вращающегося шпинделя с планшайбой	<p><i>Общего назначения:</i></p> <table><tr><td rowspan="2">Для станков с наибольшим диаметром обрабатываемого изделия в мм</td><td>у торца шпинделя</td><td>на расстоянии $L = \pm 300$ мм от торца шпинделя</td></tr><tr><td colspan="2"></td></tr><tr><td>До 1600</td><td>0,02</td><td>0,03</td></tr><tr><td>" 3200</td><td>0,03</td><td>0,05</td></tr><tr><td>" 6300</td><td>0,04</td><td>0,06</td></tr></table>			Для станков с наибольшим диаметром обрабатываемого изделия в мм	у торца шпинделя	на расстоянии $L = \pm 300$ мм от торца шпинделя			До 1600	0,02	0,03	" 3200	0,03	0,05	" 6300	0,04	0,06						
Для станков с наибольшим диаметром обрабатываемого изделия в мм	у торца шпинделя	на расстоянии $L = \pm 300$ мм от торца шпинделя																					
До 1600	0,02	0,03																					
" 3200	0,03	0,05																					
" 6300	0,04	0,06																					

Продолжение табл. 15

Объект проверки	Допуск в мм для станков																		
<p>12. Параллельность оправки, установленной в коническом отверстии шпинделя задней бабки (пиноли), перемещению суппорта:</p> <p>а) в вертикальной плоскости;</p> <p>б) в горизонтальной плоскости</p> 	<p><i>Повышенной точности:</i> в вертикальной и горизонтальной плоскостях — 0,01 на длине 150 мм</p> <p><i>Общего назначения:</i> на длине 300 мм для станков с наибольшим диаметром обрабатываемого изделия: до 400 мм — 0,03; до 800 мм — 0,03; до 1600 мм — 0,04; до 3200 мм — 0,05; до 6300 мм — 0,06 (свободный конец оправки может отклоняться только вверх и в сторону реза переднего суппорта)</p>																		
<p>13. Параллельность перемещения пиноли перемещению суппорта</p> 	<p><i>Повышенной точности:</i> а) в вертикальной плоскости 0,02 на наибольшей длине выдвижения; б) в горизонтальной плоскости 0,01 на наибольшей длине выдвижения</p> <p><i>Общего назначения:</i></p> <table><tr><th>для станков с наибольшим диаметром обрабатываемого изделия в мм</th><th>в вертикальной плоскости</th><th>в горизонтальной плоскости</th></tr><tr><td>До 400</td><td>на длине АВ = 100 мм 0,03</td><td>0,01</td></tr><tr><td>" 800</td><td>0,03</td><td>0,012</td></tr><tr><td>" 1600</td><td>0,04</td><td>0,015</td></tr><tr><td>" 3200</td><td>на длине АВ = 300 мм 0,06</td><td>0,03</td></tr><tr><td>" 6300</td><td>0,08</td><td>0,04</td></tr></table> <p>(при выдвижении конец пиноли может отклоняться только вверх и в сторону реза переднего суппорта)</p>	для станков с наибольшим диаметром обрабатываемого изделия в мм	в вертикальной плоскости	в горизонтальной плоскости	До 400	на длине АВ = 100 мм 0,03	0,01	" 800	0,03	0,012	" 1600	0,04	0,015	" 3200	на длине АВ = 300 мм 0,06	0,03	" 6300	0,08	0,04
для станков с наибольшим диаметром обрабатываемого изделия в мм	в вертикальной плоскости	в горизонтальной плоскости																	
До 400	на длине АВ = 100 мм 0,03	0,01																	
" 800	0,03	0,012																	
" 1600	0,04	0,015																	
" 3200	на длине АВ = 300 мм 0,06	0,03																	
" 6300	0,08	0,04																	
<p>14. Расположение осей отверстий шпинделя передней бабки и пиноли на одинаковой высоте над направляющими станины для суппорта</p>  <p>При ходе суппорта до 3 м</p>  <p>При ходе суппорта св. 3 м</p>	<p><i>Повышенной точности</i> 0,02</p> <p><i>Общего назначения:</i> для станков с наибольшим диаметром обрабатываемого изделия: до 400 мм — 0,06; до 800 мм — 0,10; до 1600 мм — 0,15; до 3200 мм — 0,25; до 6300 мм — 0,40 (ось отверстия пиноли может быть только выше оси отверстия шпинделя передней бабки)</p>																		

Объект проверки	Допуск в мм для станков
<p>15. Параллельность продольного перемещения заднего суппорта перемещению переднего суппорта</p> 	<p><i>Общего назначения:</i> 1) 0,02 на 1 м хода суппортов; 2) на всей длине хода суппортов: до 2 м — 0,03; до 4 м — 0,04; до 8 м — 0,05; до 12 м — 0,06</p>
<p>16. Осевое биение ходового винта</p> 	<p><i>Повышенной точности:</i> 0,005, для станков с корректирующим механизмом 0,002</p> <p><i>Общего назначения:</i> для станков с наибольшим диаметром обрабатываемого изделия до 400 мм — 0,01; до 1600 мм — 0,015; до 1600 мм — 0,02; до 3200 мм — 0,025; до 6300 мм — 0,030</p>
<p>17. Точность передаточной цепи от шпинделя к ходовому винту без участия коробки подач</p> 	<p><i>Повышенной точности (без корректирующего механизма):</i> Накопленная погрешность: 0,008 на длине 50 мм, 0,011 на длине 150 мм, 0,015 на длине 300 мм. По требованию заказчика: 0,005 на длине 50 мм, 0,008 на длине 150 мм, 0,012 на длине 300 мм</p> <p><i>Общего назначения:</i> Накопленная погрешность для станков с наибольшим диаметром обрабатываемого изделия: * до 400 мм — 0,03 на длине 100 мм, 0,04 на длине 300 мм; до 800 мм — 0,035 на длине 100 мм, 0,050 на длине 300 мм; до 1600 мм — 0,040 на длине 100 мм, 0,060 на длине 300 мм; до 3200 мм — 0,050 на длине 100 мм, 0,070 на длине 300 мм; до 6300 мм — 0,060 на длине 100 мм, 0,08 на длине 300 мм</p>

* В случае невозможности прямого соединения (через гитару) шпинделя и ходового винта проверка производится при участии коробки подач. Допуски при этом на 25% больше указанных.

Примечание. Проверка может быть заменена проверкой накопленной ошибки шага по нарезанной на станке резьбе. На стальном валике, диаметр которого примерно равен диаметру ходового винта, нарезается однозаходная трапецеидальная резьба с шагом, близко соответствующим шагу ходового винта станка. Шаг нарезанной резьбы проверяется с помощью специального прибора.

Продолжение табл. 15

На длине в мм	Накопленная ошибка шага нарезанной резьбы, в мм, не более						
	для станков повышенной точности		для станков общего назначения с наибольшим диаметром обра- батываемого изделия в мм *				
	Корректирующий меха- низм		до 400	до 800	до 1600	до 3200	до 6300
	нет	имеется					
50	0,010	0,003	—	—	—	—	—
100	0,015	0,004	0,035	0,040	0,050	0,060	0,070
300	0,020	0,005	0,050	0,060	0,070	0,080	0,100

* При участии коробки подач допуск на 25% больше указанных.

Проверка станка в работе

18. Правильность геометрической формы наружной цилиндрической поверхности образца после его чистовой обработки на станке

Повышенной точности:
овальность 0,005, конусность 0,01 на длине 150 мм
Общего назначения:

для станков с наибольшим диаметром об- рабатываемого изделия	оваль- ность	конус- ность	на длине
	в мм		
До 400	0,01	0,01	100
„ 800	0,015	0,03	300
„ 1600	0,02	0,04	300
„ 3200	0,03	0,05	300
„ 6300	0,04	0,06	300

Примечание. У стального или чугунного валика (или планшайбы для станков с наибольшим диаметром обрабатываемого изделия свыше 800 мм) обрабатывается наружная цилиндрическая поверхность при закреплении в патроне или в коническом отверстии шпинделя (без задней бабки). Диаметр валика (планшайбы) должен быть не менее $\frac{1}{8}$ наибольшего диаметра обрабатываемого изделия и не более 300 мм для станков с наибольшим диаметром обрабатываемого изделия свыше 1600 мм. Длина образца должна быть равна трем его диаметрам, но не более 500 мм. Допускается обточка отдельных поясков.

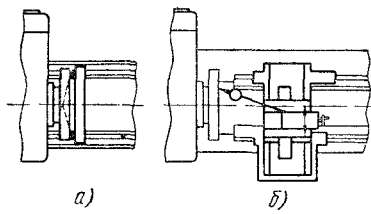
В случае использования в качестве образца планшайбы рекомендуется предусмотреть отверстие для ее облегчения.

19. Плоскостность торцевой поверхности образца после чистовой обточки на станке

Повышенной точности:
0,01 на диаметре 100 мм
Общего назначения:

При диаметре образца 200 мм — 0,015; 300 мм — 0,020; 400 мм — 0,025; 500 мм — 0,030; 600 мм — 0,040; 700 мм — 0,050; 800 мм — 0,060; 900 мм — 0,070; 1000 мм — 0,080

(допускается отклонение только в сторону вогнутости)



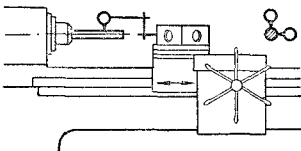
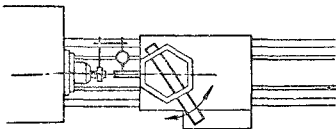
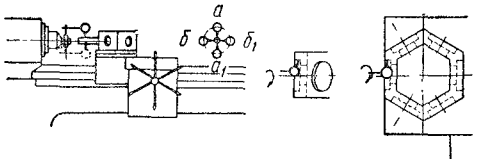
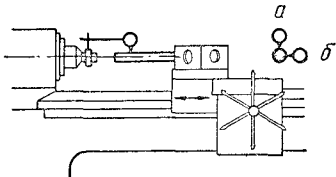
Примечания: 1. а) Проверка с помощью линейки; б) Проверка индикатором, укрепленным на перемещающемся суппорте

2. У стальной или чугунной планшайбы диаметром не менее $\frac{1}{2}$ наибольшего диаметра обрабатываемого изделия и не более 1000 мм для станков с наибольшим диаметром обрабатываемого изделия свыше 1600 мм обрабатывается торцовая поверхность. Допускается обточка не всей торцевой поверхности, а отдельных концентрических поясков (не менее трех): у периферии, в середине и у центра. При проверке перемещением суппорта с индикатором (случай б) погрешность определяется $\frac{1}{2}$ разности показаний индикатора.

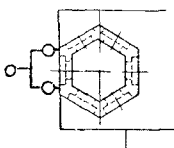
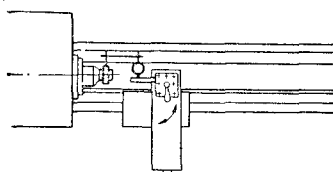
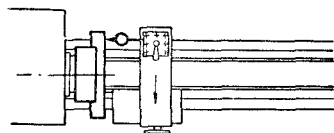
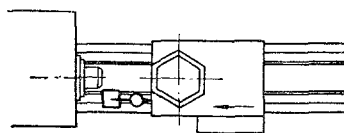
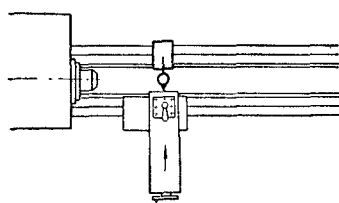
16. Станки револьверные с вертикальным и горизонтальным расположением оси револьверной головки (кроме настольных), с отверстием шпинделя под прутки диаметром от 16 до 150 мм (ГОСТ 17-40)

Объект проверки	Допуск в мм при прутке наибольшего диаметра, пропускаемом через отверстие шпинделя	
Проверка точности станка		
1. Прямолинейность направляющих станины в вертикальной плоскости	до 90 мм вкл. $\frac{0,04}{1000}$	св. 90 мм $\frac{0,04}{1000}$ (Отклонение допускается только в сторону выпуклости)
2. Параллельность направляющих станины (отсутствие извернутости направляющих)	$\frac{0,04}{1000}$	$\frac{0,05}{1000}$
3. Радиальное биение шейки шпинделя, центрирующей патрон	В станках с зажимом прутка диаметром до 55 мм — 0,01; свыше 55 мм — 0,015	0,02
4. Осевое биение шпинделя	В станках с зажимом прутка диаметром до 55 мм — 0,01; свыше 55 мм — 0,015	0,02
5. Биение оправки, зажатой в цанге	В станках с зажимом прутка до 30 мм — 0,075 на длине 75 мм; от 30 до 55 мм — 0,10 на длине 100 мм; свыше 55 мм — 0,15 на длине 100 мм	0,15 на 100 мм

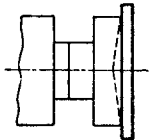
Продолжение табл. 16

Объект проверки	Допуск в мм при прутке наибольшего диаметра, пропускаемом через отверстие шпинделя	
	до 90 мм вкл.	св. 90 мм
6. Параллельность оси шпинделя направляющим станины 	В вертикальной и горизонтальной плоскостях на длине 300 мм 0,02 0,03	
Примечания: 1. У станков с верхней ползушкой для revolverной головки проверка осуществляется перемещением верхней части revolverной головки при среднем положении нижних салазок. Проверка производится также и перемещением поперечного суппорта. 2. Данная проверка производится заводом-изготовителем в процессе сборки и заносится в акт испытания.		
7. Игра revolverной головки в подшипнике и в стопорном механизме (при разжатом хомуте) 	0,03 0,04 на длине 300 мм от оси revolverной головки при нагружении силой от 10 до 20 кг на конце рычага длиной 500 мм 1000 мм	
Примечание. При наличии автоматического зажима или опорного подшипника проверка на отжим замедляется проверкой фиксации.		
8. Совпадение осей отверстий для инструментов в revolverной головке в ее рабочем положении с осью вращения шпинделя 	В вертикальной и горизонтальной плоскостях $a - a_1$ и $b - b_1$ 0,03	
9. Параллельность осей отверстий для инструментов в revolverной головке в ее рабочем положении направляющим станины 	На длине 300 мм: a — в вертикальной плоскости: 0,02 0,03 b — в горизонтальной плоскости: 0,02 0,03 (свободный конец оправки при проверке в вертикальной плоскости может отклоняться только вверх)	
Примечание. Проверка относится только к станкам с revolverной головкой, имеющей цилиндрические отверстия для инструмента.		

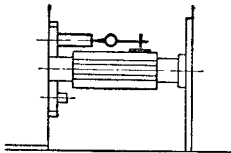
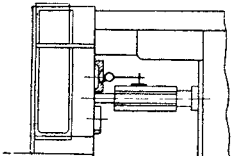
Продолжение табл. 16

Объект проверки	Допуск в мм при прутке наибольшего диаметра, пропускаемом через отверстие шпинделя	
	до 90 мм вкл.	св. 90 мм
<p>10. Перпендикулярность боковых граней револьверной головки в ее рабочем положении к оси вращения шпинделя</p> 	<p>В станках с зажимом прутка диаметром до 30 мм — 0,02 на диаметре 100 мм; свыше 30 мм — 0,03 на диаметре 150 мм</p>	
<p>11. Фиксация в одном и том же положении резцовой головки на каждом фиксаторном отверстии при ее повторных поворотах</p> 	0,05 на радиусе 150 мм от оси головки	
<p>12. Перпендикулярность направляющих каретки поперечного суппорта к оси шпинделя</p> 	0,02 на диаметре 300 мм (отклонение заднего конца направляющих только к передней бабке)	
<p>Примечание. В станках с револьверной головкой, перемещающейся перпендикулярно оси шпинделя, проверка этого перемещения производится подобно данной проверке поперечного суппорта</p>		
<p>13. Выключение упорами при повторных включениях автоматической продольной подачи револьверной головки и суппорта на одном и том же месте</p> 	0,05	0,06
<p>14. Выключение упорами (при повторных включениях) автоматической поперечной подачи поперечного суппорта и револьверной головки (если у станка имеется поперечная подача револьверной головки) на одном и том же месте</p> 	0,05	0,06

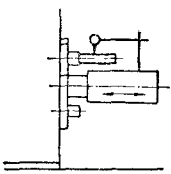
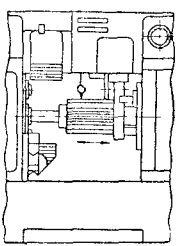
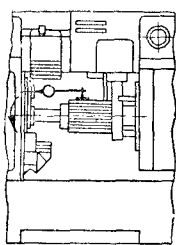
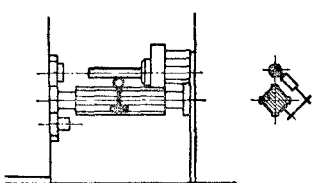
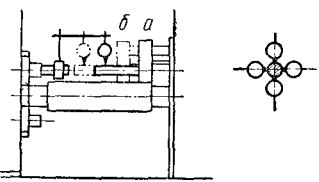
Продолжение табл. 16

Объект проверки	Допуск в мм при прутке наибольшего диаметра, пропускаемом через отверстие шпинделя	
	до 90 мм вкл.	св. 90 мм
<i>Проверка станка в работе</i>		
15. Цилиндричность валика, обточенного резцом, закрепленным в револьверной головке и резцовой головке	Конусность 0,03 на длине 300 мм Овальность 0,01	0,02
16. Плоскостность торцевой поверхности фланца, обточенного резцом, закрепленным в резцовой головке	0,02	0,03
		
<p>на диаметре 300 мм (допускается отклонение только в сторону вогнутости)</p>		
<p>Примечания: 1. Стальные или чугунные валики диаметром, равным диаметру зажимаемого прутка (наибольшего по диаметру), длиной 310 мм и фланец диаметром не более 300 мм поочередно зажимаются в патроне и обтачиваются. Последним проходом резца каждый раз снимается чистовая стружка. 2. Проверка 16 относится к станкам для патронной работы.</p>		

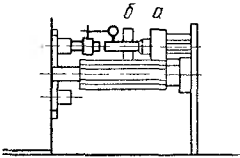
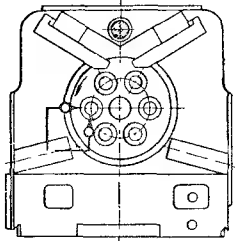
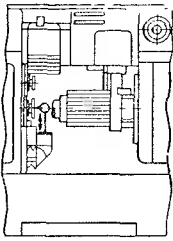
17. Автоматы токарные многшпиндельные прутковые горизонтальные (ГОСТ 43-55)

Объект проверки	Допуск в мм для станков с наибольшим диаметром обрабатываемого изделия в мм		
	до 25	св. 25 до 65	св. 65
<i>Проверка точности станка</i>			
 <p>1. Осевое биение всех рабочих шпинделей</p>	0,010	0,015	0,020
 <p>2. Радиальное биение конических отверстий (под зажимные цанги) всех рабочих шпинделей</p>	0,010	0,015	0,020

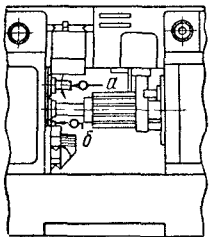
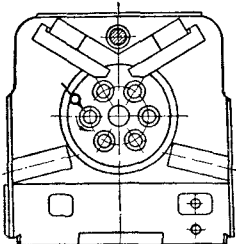
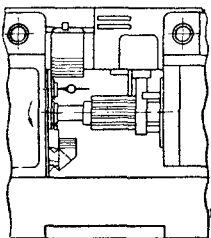
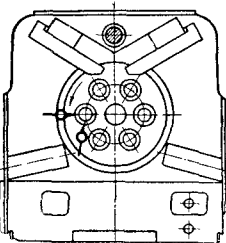
Продолжение табл. 17

Объект проверки	Допуск в мм для станков с наибольшим диаметром обрабатываемого изделия в мм		
	до 25	св. 25 до 65	св. 65
 <p>3. Параллельность направления перемещения продольного суппорта осям всех рабочих шпинделей (оправке, установленной в отверстии рабочего шпинделя)</p>	0,010 0,015 0,020 на длине перемещения L не менее 1,2 <i>d</i> прутка		
 <p>4. Параллельность всех плоскостей крепления инструмента и всех направляющих пазов продольного суппорта направлению его перемещения</p>	0,015 0,020 0,025 на длине перемещения L не менее 1,2 <i>d</i> прутка		
 <p>5. Постоянство положений торцовых поверхностей рабочих шпинделей при индексации шпиндельного блока</p> <p>Примечание. Проверка с помощью короткой оправки, укрепляемой в отверстии шпинделя, и индикатора, укрепляемого на суппорте. Индикатор касается торца оправки. Блок поворачивается на 360° не менее 3 раз.</p>	0,10	0,10	0,20
 <p>6. Радиальное биение оправки, установленной в отверстии инструментального шпинделя</p>	0,010 0,015 0,025 на длине 100 мм от торца шпинделя		
 <p>7. Параллельность осей всех инструментальных шпинделей (а) и осей отверстий инструментальных стоек (б) осям всех рабочих шпинделей</p>	0,015 0,020 0,025 на длине 100 мм		

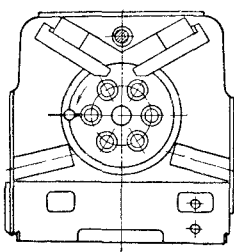
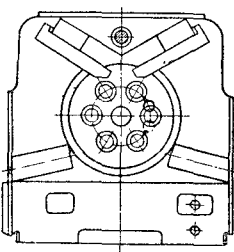
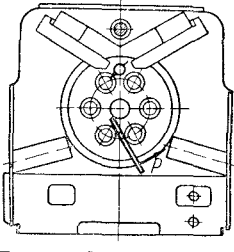
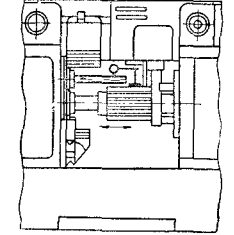
Продолжение табл. 17

Объект проверки		Допуск в мм для станков с наибольшим диаметром обрабатываемого изделия в мм		
		до 25	св. 25 до 65	св. 65
	8. Совпадение осей всех инструментальных шпинделей (а) и осей отверстий инструментальных стоек (б) с осями рабочих шпинделей в зафиксированном положении шпиндельного блока	0,03	0,04	0,05
	9. Постоянство положений осей рабочих шпинделей при индексации шпиндельного блока (первоначальное положение, принимается за исходное)	0,020	0,025	0,030
Примечание. Для беспрепятственного поворота блока индикаторы отводятся перемещением суппорта, а после фиксации стола вновь подводятся до соприкосновения с очередным шпинделем.				
	10. Перпендикулярность направления перемещения поперечного суппорта к осям рабочих шпинделей	0,010	0,012	0,015 на длине 50 мм
Проверка станка в работе				
11. Точность образца, обрабатываемого с продольного суппорта без люфтов проходным чистовым резцом		Постоянство диаметров валков 0,08 0,10 0,12 Овальность 0,010 0,015 0,020 Конусность 0,02 0,03 0,04 на длине L не менее 1,2d прутка		
12. Постоянство длины валков, обработанных из прутка, поданного на упор, и отрезанных поперечным суппортом с подрезкой торца и последующей отрезкой		0,07	0,10	0,20
Примечание. На станке обрабатывается образец-пруток из стали А12. Обработка производится на всех позициях.				

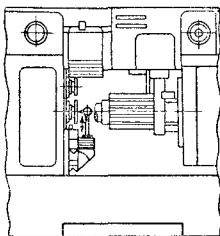
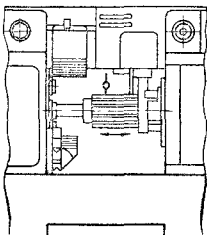
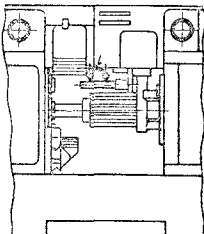
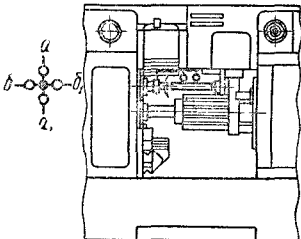
18. Полуавтоматы токарные многшпиндельные патронные горизонтальные
с наибольшим диаметром обрабатываемого изделия до 250 мм (ГОСТ 6819-54)

Объект проверки	Допуск в мм для ставков с наибольшим диаметром обрабаты- ваемого изделия в мм	
	до 160	св. 160
<i>Проверка точности станка</i>		
 <p>1. Осевое биение шпинделя</p> <p>2. Торцовое биение опорной поверх- ности шпинделя под патрон</p>	0,015	0,020
 <p>3. Радиальное биение центриру- ющей поверхности шпинделя под патрон</p>	0,015	0,020
 <p>4. Расположение опорных торцовых поверхностей рабочих шпинделей в одной вертикальной плоскости</p>	0,030	0,040
 <p>5. Точность последовательной уста- новки всех шпинделей в первоначаль- ное положение, принятое за исходное</p> <p>Примечание. Для беспрепятственного поворота блока индикаторы отводятся от шпинделя перемещением суп- порта, а после фиксации блока вновь подводятся до сопри- косновения с очередным шпинделем.</p>	$\pm 0,015$	$\pm 0,020$

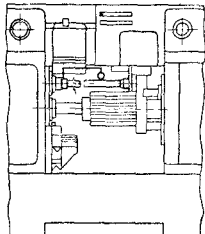
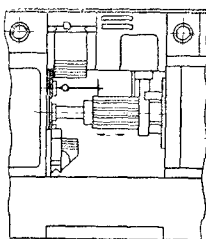
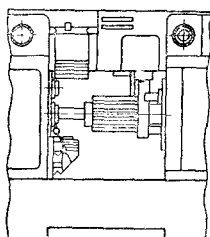
Продолжение табл. 18

Объект проверки	Допуск в мм для станков с наибольшим диаметром обрабатываемого изделия в мм	
	до 160	св. 160
 <p>6. Расположение шпинделей на равных расстояниях от оси вращения шпиндельного блока</p>	$\pm 0,006$	$\pm 0,008$
 <p>7. Равенство расстояний между осями рабочих шпинделей</p> <p>Примечание. Проверка производится с помощью индикатора, укрепляемого на шпинделе, который поочередно касается соседних шпинделей.</p>	$\pm 0,016$	$\pm 0,020$
 <p>8. Игра шпиндельного блока в опоре и в стопорном механизме в зафиксированном положении</p> <p>Примечание. Нагрузка осуществляется посредством рычага, замеры отклонений — с помощью индикатора.</p>	0,01 при усилии (не менее) 20 кг	0,015 при усилии (не менее) 25 кг прикладываемом к рычагу длиной 1 м
 <p>9. Параллельность перемещения продольного суппорта оси оправки, установленной в отверстие рабочего шпинделя, в двух взаимно-перпендикулярных плоскостях</p>	0,012 на длине перемещения 100 мм	0,016 на длине перемещения 150 мм

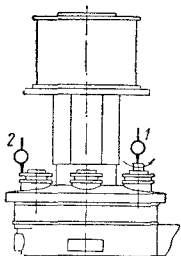
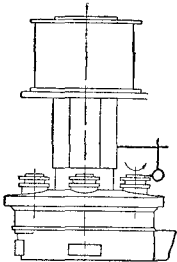
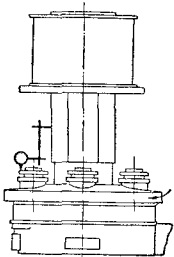
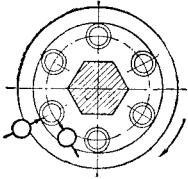
Продолжение табл. 18

Объект проверки		Допуск в мм для станков с наибольшим диаметром обрабатываемого изделия в мм	
		до 160	св. 160
	10. Перпендикулярность перемещения поперечного суппорта к осям рабочих шпинделей	0,015 на длине 75 мм (допускается отклонение только в сторону вогнутости)	
	11. Параллельность направляющих поверхностей продольного суппорта направлению его перемещения	0,020 0,025 на длине 100 мм 150 мм	
	12. Радиальное биение оправки, установленной в отверстии инструментального шпинделя	0,015 0,020 на длине 100 мм от торца шпинделя	
	13. Параллельность осей всех инструментальных шпинделей осям всех рабочих шпинделей в двух взаимно-перпендикулярных плоскостях $a-a$, и $b-b$, при зафиксированном положении шпиндельного блока	0,020 0,025 на длине 100 мм 150 мм	

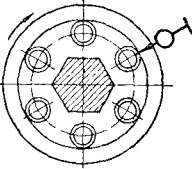
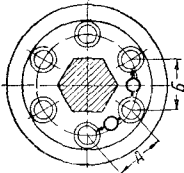
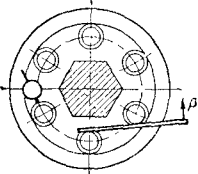
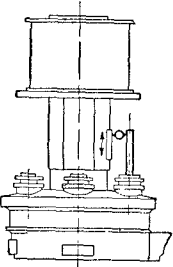
Продолжение табл. 18

Объект проверки	Допуск в мм для станков с наибольшим диаметром обрабатываемого изделия в мм	
	до 160	св. 160
 <p>14. Совпадения осей инструментальных шпинделей с осями всех рабочих шпинделей в зафиксированном положении шпиндельного блока в двух взаимно-перпендикулярных плоскостях</p>	0,04	0,05
 <p>15. Действие автоматического ограничителя подачи продольного суппорта, обеспечивающего останов суппорта в заданном положении</p>	0,04	0,05
 <p>16. Действие автоматического ограничителя подачи поперечного суппорта, обеспечивающего останов суппорта в заданном положении</p>	0,03	0,04
<i>Проверка станка в работе</i>		
17. Точность образца, обработанного с продольного суппорта проходным чистовым резцом	Постоянство диаметров валков 0,08 0,10 Овальность 0,020 0,025 Конусность 0,025 0,030 на длине обработки 75 мм 100 мм	
18. Плоскостность торцевой поверхности, обточенной на станке с поперечного суппорта проходным чистовым резцом	0,020 0,025 на диаметр обработки допускается только вогнутость	
<p>Примечание. На станке обрабатывается образец — чугунная или стальная болванка диаметром $D_{обр} = 1/2 \div 2/3 D_{наиб}$. Обработка и проверка болванок производится во всех положениях шпиндельного блока. $D_{наиб}$ — наибольший диаметр обрабатываемого изделия.</p>		

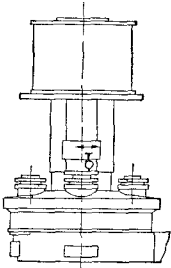
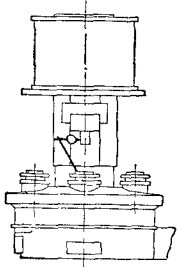
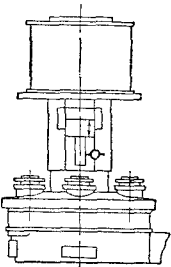
19. Полуавтоматы токарные многшпиндельные патронные вертикальные (ГОСТ 6820-54)

Объект проверки	Допуск в мм для станков с наибольшим диаметром обрабатываемого изделия в мм			
	до 250	св. 250 до 400	св. 400 до 630	св. 630 до 800
<i>Проверка точности станка</i>				
 <p>1. 1 — осевое биение шпинделя; 2 — торцовое биение опорной поверхности шпинделя под патрон (для станков патронного исполнения)</p> <p>Примечание. Проверки производятся последовательно для всех шпинделей в зафиксированном положении стола</p>	0,015	0,020	0,025	0,030
 <p>2. Радиальное биение центрирующей поверхности шпинделя под патрон</p>	0,015	0,020	0,025	0,030
 <p>3. Расположение опорных торцовых поверхностей шпинделей в одной горизонтальной плоскости — для полуавтоматов последовательного действия</p>	0,03	0,04	0,05	0,06
 <p>4. Точность последовательной установки всех шпинделей в первоначальное положение, принятое за исходное, — для полуавтоматов последовательного действия</p> <p>Примечание. Для беспрепятственного поворота стола индикаторы отводятся от шпинделя, а после фиксации стола вновь подводятся до соприкосновения с очередным шпинделем.</p>	$\pm 0,020$	$\pm 0,025$	$\pm 0,030$	$\pm 0,035$

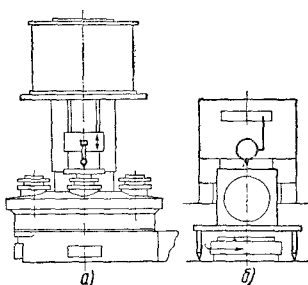
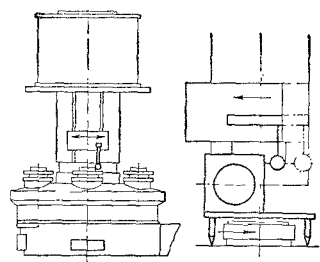
Продолжение табл. 19

Объект проверки	Допуск в мм для станков с наибольшим диаметром обрабатываемого изделия в мм			
	до 250	св. 250 до 400	св. 400 до 630	св. 630 до 800
 <p>5. Расположение шпинделей на равных расстояниях от оси вращения стола — для полуавтоматов последовательного действия</p>	$\pm 0,008$	$\pm 0,010$	$\pm 0,012$	$\pm 0,015$
 <p>6. Равенство расстояний между осями рабочих шпинделей — для полуавтоматов последовательного действия</p> <p>Примечание. Проверка производится с помощью индикатора, укрепляемого на шпинделе, который поочередно касается соседних шпинделей.</p>	$\pm 0,01 \mid \pm 0,01 \mid \pm 0,013 \mid \pm 0,015$ Допуск относится к единичной и накопленной ошибке			
 <p>7. Игра стола в опоре и в стопорном механизме в зафиксированном положении — для полуавтоматов последовательного действия</p> <p>Примечание. Нагрузка осуществляется посредством рычага, замеры отклонений — с помощью индикатора.</p>	$0,015 \mid 0,020 \mid 0,025 \mid 0,030$ При усилии P в кг не менее 25 \mid 32 \mid 40 \mid 40			
 <p>8. Параллельность вертикального перемещения суппорта оправкам, установленным в отверстиях шпинделей или по осям их вращений в двух взаимно-перпендикулярных плоскостях</p>	$0,015$ на длине перемещения суппорта 150 мм			

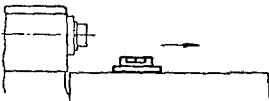
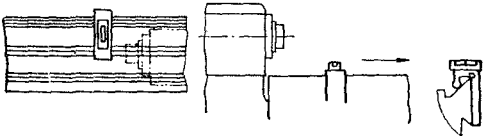
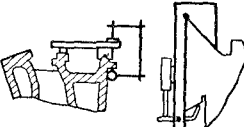
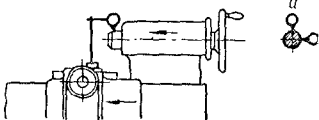
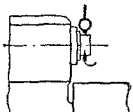
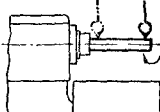
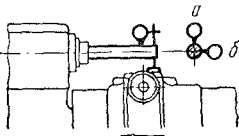
Продолжение табл. 19

Объект проверки	Допуск в мм для станков с наибольшим диаметром обрабатываемого изделия в мм			
	до 250	св. 250 до 400	св. 400 до 630	св. 630 до 800
 <p>9. Перпендикулярность поперечного перемещения суппорта к осям каждого из шпинделей</p> <p>Примечание. Проверка производится при зафиксированном положении стола.</p>	<p>0,015 на длине перемещения суппорта 75 мм (допускается отклонение в сторону вогнутости)</p>			
 <p>10. Совпадение осей поддерживающих центров с осями вращения соответствующих шпинделей — для полуавтоматов параллельного действия для центровых работ</p> <p>Примечание. Производится при зафиксированном положении стола</p>	0,03			
 <p>11. Параллельность оправки, установленной в отверстие инструментального суппорта, направляющим колонны — для полуавтоматов параллельного действия для центровых работ</p>	<p>0,03 на длине 300 мм</p>			

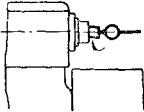
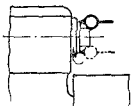
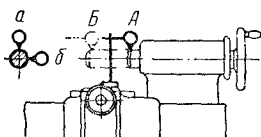
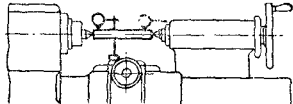
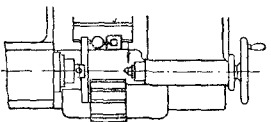
Продолжение табл. 19

Объект проверки	Допуск в мм для станков с наибольшим диаметром обрабатываемого изделия в мм			
	до 250	св. 250 до 400	св. 400 до 630	св. 630 до 800
<div></div> <p>12. Действие автоматического ограничителя вертикальной подачи суппорта, обеспечивающего останов суппорта в заданном положении: а) проверка по торцу вставленной в шпindelь оправки; б) проверка с использованием рамного уровня</p>	0,030 0,035 0,040 0,050			
<div></div> <p>13. Действие автоматического ограничителя поперечной подачи суппорта, обеспечивающего останов суппорта в заданном положении</p>	0,035 0,040 0,050 0,060			
Проверка станка в работе				
14. Точность образца, обработанного с вертикального суппорта проходным чистовым резцом	Постоянство диаметров образца (для полуавтоматов последовательного действия) 0,08 0,10 0,12 0,16 Овальность 0,025 0,030 0,040 0,050 Конусность 0,03 0,04 0,05 0,06 на длине обработки 100 мм 100 мм 150 мм			
15. Плоскостность торцевой поверхности образца, обточенного на станке с поперечного суппорта проходным чистовым резцом	0,02 0,025 0,03 0,04 на диаметр обработки 200 мм (Допускается отклонение только в сторону вогнутости)			
<p>Примечания: 1. В качестве образца для проверки 14 используется чугунная или стальная болванка, которая обрабатывается по наружному диаметру. Диаметр болванки берется равным $\frac{1}{2}$ до $\frac{2}{3}$ наибольшего диаметра устанавливаемого изделия.</p> <p>2. Для проверки 15 используется чугунный или стальной диск, закрепляемый в патроне.</p>				

20. Станки токарные многорезцовые с движением суппортов по направляющим станины и с горизонтальным расположением осей резцов, с наибольшим диаметром обработки до 600 мм и с расстоянием между центрами до 2000 мм (ГОСТ 1110-41)

Объект проверки	Допуск в мм
<p style="text-align: center;"><i>Проверка точности станка</i></p> <p>1. Прямолинейность направляющих станины для суппорта в вертикальной плоскости</p> 	<p style="text-align: center;">$\frac{0,03}{1000}$</p> <p>(Допускается отклонение только в сторону выпуклости)</p>
<p>2. Параллельность направляющих станины для суппорта (отсутствие извернутости направляющих)</p> 	<p>$\frac{0,04}{1000}$ на длине 1000 мм, но не более $\frac{0,06}{1000}$ на всю длину</p>
<p>3. Параллельность нижних направляющих станины для суппорта верхним направляющим</p> 	<p>0,02 на длине 1000 мм отклонение нижних направляющих (к заднему концу станины допускается только в сторону сближения направляющих)</p>
<p>4. Параллельность направления перемещения задней бабки направлению движения суппорта</p> 	<p>a — в вертикальной плоскости $\frac{0,03}{1000}$ мм на длине 1000 мм, $\frac{0,05}{1000}$ мм на всю длину; b — в горизонтальной плоскости 0,02 на длине 1000 мм, 0,03 на всю длину</p>
<p>5. Радиальное биение центрирующей шейки шпинделя передней бабки</p> 	<p>При диаметре обработки до 300 мм — 0,01, св. 300 мм — 0,02</p>
<p>6. Радиальное биение оправки, установленной в коническом отверстии шпинделя передней бабки</p> 	<p>0,01 у конца шпинделя; 0,02 на расстоянии 300 мм от конца шпинделя</p>
<p>7. Параллельность оправки, установленной в отверстии шпинделя передней бабки, направлению движения каретки</p> 	<p>a — в вертикальной плоскости $\frac{0,03}{300}$ мм (свободный конец оправки может отклоняться только вверх); b — в горизонтальной плоскости $\frac{0,02}{300}$ мм на длине 300 мм</p>

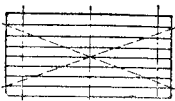
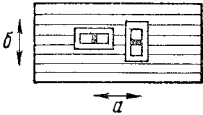
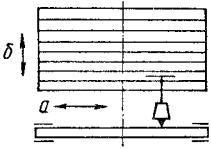
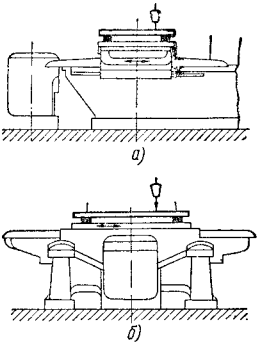
Продолжение табл. 20

Объект проверки	Допуск в мм
 <p>8. Осевое биение шпинделя передней бабки</p>	<p>При диаметре обработки до 300 мм вкл. — 0,01, св 300 мм — 0,015</p>
 <p>9. Перпендикулярность торцевой поверхности буртика шпинделя передней бабки к оси вращения шпинделя</p>	<p>При диаметре обработки до 300 мм вкл. 0,01, св. 300 мм — 0,015</p>
 <p>10. Параллельность перемещения пиноли направлению движения суппорта</p>	<p>a — в вертикальной плоскости 0,03 на длине $AB \approx 100$ мм (конец пиноли может отклоняться только вверх); b — в горизонтальной плоскости 0,01 на длине $AB = 100$ мм</p>
 <p>11. Расположение осей отверстий шпинделя передней бабки и пиноли на одинаковой высоте над направляющими станины для суппорта</p>	<p>В вертикальной и горизонтальной плоскостях 0,02</p>
 <p>12. Перпендикулярность направления движения поперечного суппорта к оси шпинделя передней бабки</p>	<p>0,02 на длине 100 мм (отклонение переднего конца направляющих допускается только в сторону передней бабки)</p>
<p align="center"><i>Проверка станка в работе</i></p> <p>13. Точность изделия после чистовой обточки на станке</p> <p>Примечание. На станке обрабатывается стальной или чугунный валик диаметром, равным $\frac{1}{4}$ наибольшего диаметра обрабатываемого изделия. Обработка производится в центрах одним резцом, закрепленным на продольном суппорте, при пиноли, выдвинутой на половину длины своего выдвижения. Задняя бабка устанавливается при этом в своем среднем положении так, чтобы расстояние между центрами не превышало 500 мм</p>	
<p>14. Плоскостность торцевой поверхности изделия после чистовой обточки на станке (только для станков, поставляемых с патроном)</p> <p>Примечание. Торцевая поверхность обрабатывается у стальной или чугунной планшайбы диаметром, равным наибольшему диаметру обработки в патроне, но не более 300 мм.</p>	<p>При диаметре обработки до 300 мм включительно: овальность 0,015, конусность 0,015; при диаметре свыше 300 мм овальность 0,02. Конусность 0,03 на длине 300 мм</p> <p>0,02 на диаметре 300 мм (допускается отклонение только в сторону выпуклости)</p>

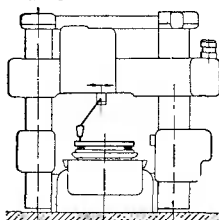
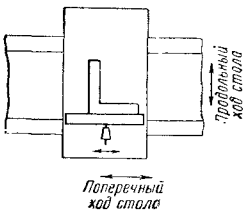
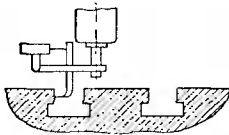
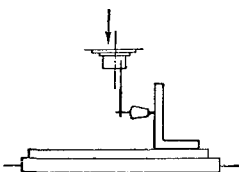
21. Станки координатно-расточные общего назначения (ГОСТ 6744-53)

Точность установки станка $\frac{0,02}{1000}$

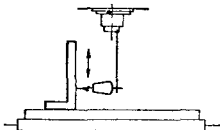
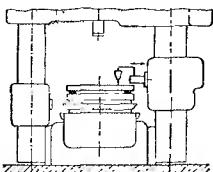
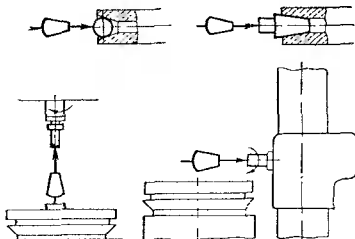
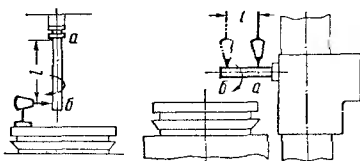
Проверку на точность производить при установившейся температуре $20^\circ \pm 2^\circ \text{C}$.

Объект проверки	Допуск в мм для станков с шириной рабочей поверхности стола в мм				
	до 200	св. 200 до 400	св. 400 до 630	св. 630 до 1000	св. 1000 до 1400
<i>Проверка точности станка</i>					
1. Плоскостность рабочей поверхности стола 	а) В продольном и диагональном направлениях 0,006 0,008 0,010 0,012 0,015 б) В поперечном направлении 0,004 0,006 0,008 0,008 0,010 в) При проверке на краску шабронных поверхностей столов количество пятен в квадрате со стороной 25 мм не менее: 25 25 20 — —				
2, а — Прямолинейность перемещения стола, проверяемая в вертикальной плоскости 	а) В продольном направлении 0,010 0,015 0,020 0,025 0,030 1000 1000 1000 1000 1000 б) В поперечном направлении (для одностоечных станков) 0,010 0,010 0,015 — — 1000 1000 1000 — —				
2, б — Прямолинейность перемещения стола (шпиндельной бабки по поперечине), проверяемая в горизонтальной плоскости 	1) При измерении отклонений в линейных величинах (в мм) а) В продольном направлении 0,008 0,010 0,015 0,020 0,030 на длине хода стола б) В поперечном направлении 0,006 0,008 0,010 0,015 0,020 2) При измерении отклонений в угловых величинах (в сек.) а) В продольном направлении 4 3 3 3 3 б) В поперечном направлении 5 4 3 3 3 сек.				
3. Параллельность рабочей поверхности стола направлению его перемещения 	а) В продольном направлении: 0,006 0,008 0,010 0,012 0,015 б) В поперечном направлении (для одностоечных станков) 0,005 0,006 0,008 — —				

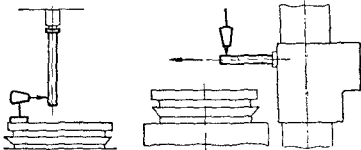
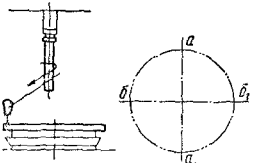
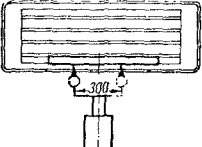
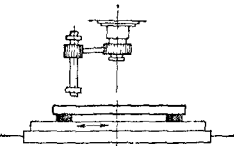
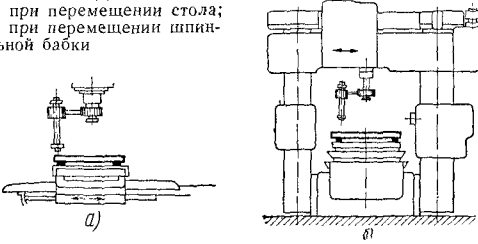
Продолжение табл. 21

Объект проверки	Допуск в мм для станков с шириной рабочей поверхности стола в мм				
	до 200	св. 200 до 400	св. 400 до 630	св. 630 до 1000	св. 1000 до 1400
<p>4. Параллельность направления перемещения шпиндельной бабки по поперечине рабочей поверхности стола — для двустоечных станков</p> 	—	—	—	0,010	0,012
<p>5. Перпендикулярность направления поперечного перемещения стола (для одностоечных станков) или направления перемещения шпиндельной бабки по поперечине (для двустоечных станков) к направлению продольного перемещения стола</p> 	0,003	0,004	0,006	0,008	0,010
<p>6. Параллельность плоскости боковых стенок базового паза (или контрольной кромки) стола направлению перемещения стола</p> 	0,004	0,005	0,006	0,008	0,010
<p>7. Перпендикулярность к рабочей поверхности стола направления перемещения:</p> <p>а) шпиндельной бабки (для одностоечных станков)</p> <p>б) поперечины (для двустоечных станков)</p> <p>в) шпиндельной бабки горизонтального шпинделя</p> 	0,005	0,007	0,010	— 0,007 на длине 0,010 хода	— 0,010 на длине 500 мм

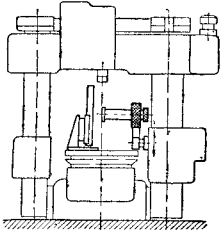
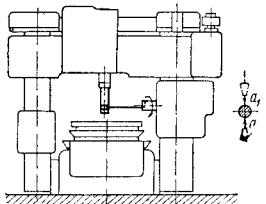
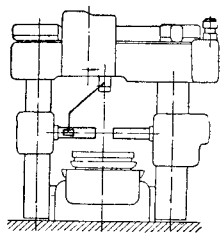
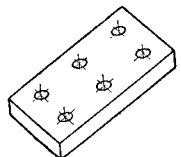
Продолжение табл. 21

Объект проверки	Допуск в мм для станков с шириной рабочей поверхности стола в мм				
	до 200	св. 200 до 400	св. 400 до 630	св. 630 до 1000	св. 1000 до 1400
8. Перпендикулярность направления перемещения гильзы вертикального шпинделя к рабочей поверхности стола	0,004	0,005	0,006	0,009	0,010
					на длине хода гильзы
9. Параллельность направления перемещения гильзы горизонтального шпинделя рабочей поверхности стола — для двустоечных станков	—	—	—	0,006 на длине 150 мм	
					
10. Осевое биение шпинделя	0,003	0,004	0,006	0,008	0,010
					
11. Радиальное биение оправки, установленной в коническом отверстии шпинделя	а) У торца шпинделя 0,002 0,003 0,004 0,005 0,006 б) 0,003 0,004 0,006 0,007 0,008 на длине $l = 150$ мм на длине $l = 300$ мм				
					
Примечание. При проверке горизонтальных шпинделей проверять можно на длине $l = 200$ мм, при этом указанный выше допуск пересчитывается.					

Продолжение табл. 21

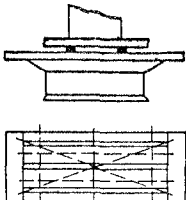
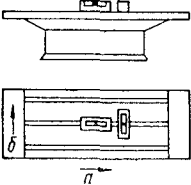
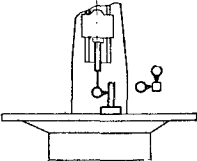
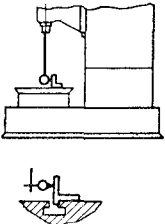
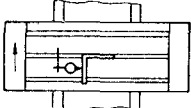

Объект проверки	Допуск в мм для станков с шириной рабочей поверхности стола в мм				
	до 200	св. 200 до 400	св. 400 до 630	св. 630 до 1000	св. 1000 до 1400
<p>12. Параллельность оправки, установленной в коническом отверстии шпинделя, направлению перемещения гильзы</p> 	0,003	0,004	0,005	0,006	0,008
на длине хода гильзы					
 <p>13. Перпендикулярность оси вертикального шпинделя к рабочей поверхности стола ($a - a_1$ и $b - b_1$)</p>	0,006	0,008	0,010	0,012	
на диаметре					
200 мм 300 мм 500 мм 1500 мм					
 <p>14. Перпендикулярность оси вращения горизонтального шпинделя к направлению перемещения стола</p>	—	—	—	0,008	0,010
 <p>15. Точность установки продольных координат</p>	0,003	0,004	0,006	0,008	0,010
<p>16. Точность установки поперечных координат стола — у одностоечных станков и шпиндельной бабки — у двустоечных станков. Дано:</p> <p>а) при перемещении стола;</p> <p>б) при перемещении шпиндельной бабки</p> 	0,003	0,004	0,006	0,008	0,010
<p>Примечание. При контроле точности установки координат (проверки 15 и 16) штриховая линейка устанавливается на высоте, равной $\frac{1}{3} \div \frac{1}{2}$ наибольшего расстояния от стола до торца вертикального шпинделя.</p>					

Продолжение табл. 21

Объект проверки	Допуск в мм для станков с шириной рабочей поверхности стола в мм				
	до 200	св. 200 до 400	св. 400 до 630	св. 630 до 1000	св. 1000 до 1400
 <p>17. Точность установки вертикальных координат— для двустоечных станков</p>	—	—	—	0,008	0,010
 <p>18. Пересечение оси горизонтального шпинделя с осью вертикального шпинделя— для двустоечных станков</p>	—	—	—	0,005	0,006
 <p>19. Совпадение осей отверстий направляющей бабки (люнета) и горизонтального шпинделя в горизонтальной плоскости— для двустоечных станков</p>	—	—	—	0,010	0,012
Проверка станка в работе					
 <p>20. Точность расстояний между осями обработанных отверстий</p>	0,005	0,006	0,008	0,010	0,012
<p>21. Точность отверстий, обработанных на станке</p>	Овальность 0,003 0,004 0,005 0,005 0,006				

Примечание. Образец—прямоугольная чугунная отливка—должен иметь чисто обработанное основание и верхнюю поверхность. У образца, установленного на высоте, принятой для проверок 15 и 16, растачивается несколько сквозных отверстий. Расстояние между отверстиями должно быть не менее $\frac{1}{10}$ продольного и $\frac{1}{6}$ поперечного хода стола.

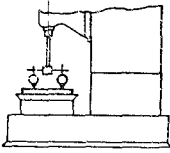
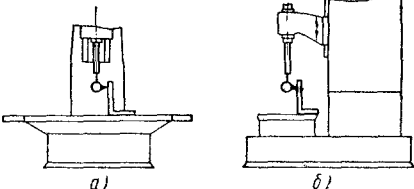
22, Станки алмазно-расточные вертикальные одношпиндельные (ГОСТ 594-41)

Объект проверки	Допуск в мм
<p align="center"><i>Проверка точности станка</i></p>  <p>1. Плоскостность рабочей поверхности стола</p>	<p>0,03 на длине 1000 мм. (Допускается отклонение только в сторону вогнутости)</p>
 <p>2. Перекос рабочей поверхности стола при его перемещении</p>	<p>а) В продольном направлении $\frac{0,02}{1000}$ на 1000 мм перемещения стола; б) в поперечном направлении $\frac{0,01}{1000}$</p>
 <p>3. Перекос и сдвиг стола при его зажиме</p>	<p>0,01</p>
 <p>4. Параллельность вертикальных граней контрольного паза стола направлению продольного перемещения стола</p>	<p>0,05 на длине 1000 мм</p>
 <p>5. Перпендикулярность вертикальных граней контрольного паза стола к направлению поперечного перемещения стола</p>	<p>0,01 на длине поперечного перемещения стола</p>
 <p>6. Радиальное биение оправки, установленной в коническом отверстии шпинделя</p>	<p>0,01 у конца шпинделя и на расстоянии 300 мм от конца шпинделя</p>

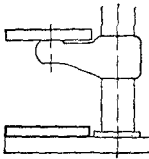
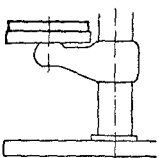
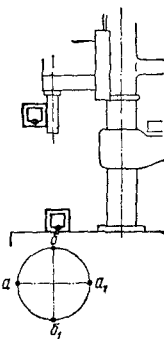
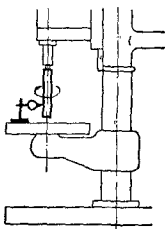
Примечания: 1. Проверке подлежат все шпиндели, поставляемые со станком.

2. Шпиндели типа бортигаи проверяются в двух положениях: полностью вдвинутом и выдвинутом на половину хода шпинделя.

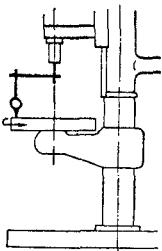
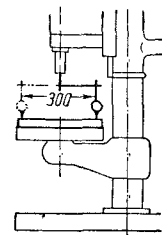
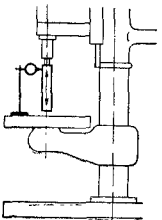
3. У шпинделей, не имеющих отверстия, проверка производится по контрольному пояску.

Объект проверки	Допуск в мм
 <p>7. Перпендикулярность оси шпинделя к рабочей поверхности стола (а — a_1 и б — b_1)</p>	<p>В продольной и поперечной плоскостях 0,02 на длине 300 мм</p>
<p>8. Перпендикулярность движения шпинделя к рабочей поверхности стола</p>  <p>а) б)</p>	<p>В продольной (б) и поперечной (а) плоскостях 0,02 на длине 300 мм</p>
<p>Проверка станка в работе</p>	
<p>9. Точность отверстия, расточенного на станке</p>	<p>Овальность 0,005 Конусность 0,01 на длине 300 мм</p>
<p>10. Перпендикулярность осей отверстий, расточенных на станке с одной установки изделия, к опорной поверхности изделия</p>	<p>0,02 на длине 300 мм</p>
<p>Примечание. Для выполнения проверок 9 и 10 в чугунном образце твердостью $H_B = 160 \div 180$ растачиваются два отверстия не более чем двумя проходами реза. Расстояние между осями отверстий должно быть равно двум диаметрам, но не менее 200 мм. Глубина отверстий должна быть равна или больше утроенного диаметра. Опорная поверхность образца до его установки на станке должна быть тщательно прострогана.</p>	

23. Станки вертикально-сверлильные на колонне с конусом Морзе до № 4 и с диаметром сверления до 35 мм (ГОСТ 370-41)

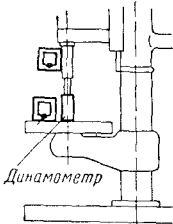
Объект проверки	Допуск в мм
<i>Проверка точности станка</i>	
 <p>1. Плоскостность рабочей поверхности фундаментной плиты</p>	<p>0,1 на длине 1000 мм (допускается отклонение только в сторону вогнутости)</p>
 <p>2. Плоскостность рабочей поверхности стола</p>	<p>0,1 на длине 1000 мм (допускается отклонение только в сторону вогнутости)</p>
 <p>3. Перпендикулярность оси шпинделя к рабочей поверхности фундаментной плиты ($a-a_1$ и $b-b_1$)</p>	<p>а) В продольной плоскости $\frac{0,25}{1000}$ (нижний конец шпинделя может отклоняться только к колонне); б) в поперечной плоскости $\frac{0,16}{1000}$</p> <p>Примечание. Продольная плоскость проходит через оси шпинделя и колонны</p>
 <p>4. Радиальное биение оправки, установленной в отверстии шпинделя</p>	<p>Для станков с конусом Морзе № 2 вкл. 0,03 на длине 100 мм; для станков с конусом Морзе свыше № 2 0,05 на длине 300 мм</p>

Продолжение табл. 23

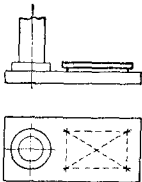
Объект проверки	Допуск в мм
 <p>5. Перпендикулярность рабочей поверхности стола к оси его вращения</p>	0,05 на диаметре 300 мм
 <p>6. Перпендикулярность оси шпинделя к рабочей поверхности стола ($a-a_1$ и $b-b_1$)</p>	<p>а) В продольной плоскости 0,10 на диаметре 300 мм (нижний конец шпинделя может отклоняться только к колонне);</p> <p>б) в поперечной плоскости 0,06 на диаметре 300 мм</p>
 <p>7. Параллельность оси шпинделя перемещению гильзы</p>	<p>Для станков с конусом Морзе № 2 вкл. 0,03 на длине 100 мм;</p> <p>для станков с конусом Морзе свыше № 2 0,05 на длине 300 мм (в продольной плоскости нижний конец шпинделя может отклоняться только к колонне)</p>

Примечание. Продольная плоскость проходит через ось шпинделя и колонны.

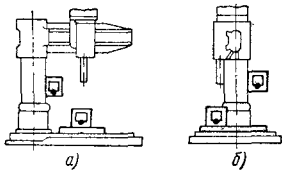
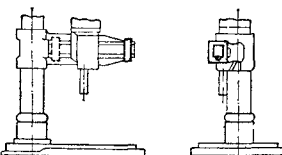
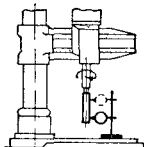
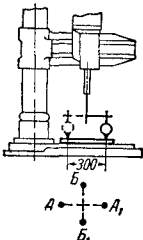
Продолжение табл. 23

Объект проверки	Допуск в мм																		
Проверка станка под нагрузкой																			
8. Перпендикулярность оси нагруженного шпинделя к рабочей поверхности стола	$\frac{2,5}{1000}$																		
<div><p>Динамометр</p></div> <p>Примечания: 1. Шпиндель нагружается в осевом направлении согласно приведенной ниже таблице. Величина прикладываемой нагрузки измеряется динамометром. Рамным уровнем проверяется перпендикулярность оси шпинделя к поверхности стола в продольной и поперечной плоскостях.</p> <p>Погрешность определяется алгебраической разностью показаний уровней в данной плоскости.</p> <p style="text-align: center;">Таблица нагрузок</p> <table><tr><th>Конус Морзе №</th><th></th><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th></tr><tr><td>Наибольший (условный) диаметр сверления в мм</td><td>6</td><td>12</td><td>18</td><td>25</td><td>35</td></tr><tr><td>Прилагаемая нагрузка в кг</td><td>120</td><td>250</td><td>460</td><td>750</td><td>1200</td></tr></table>		Конус Морзе №		1	2	3	4	Наибольший (условный) диаметр сверления в мм	6	12	18	25	35	Прилагаемая нагрузка в кг	120	250	460	750	1200
Конус Морзе №		1	2	3	4														
Наибольший (условный) диаметр сверления в мм	6	12	18	25	35														
Прилагаемая нагрузка в кг	120	250	460	750	1200														
Примечание. При проверке станка со столом на консоли нагрузка уменьшается на 20%.																			

24. Станки радиально-сверлильные общего назначения стационарного типа с одной или несколькими плитами со сверлением перпендикулярно плите (ГОСТ 98-41)

Объект проверки	Допуск в мм
<p style="text-align: center;"><i>Проверка точности станка</i></p>  <p>1. Плоскостность рабочей поверхности фундаментной плиты</p>	
$0,07$ на длине 1000 мм (допускается отклонение только в сторону вогнутости)	

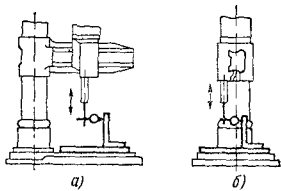
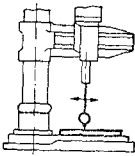
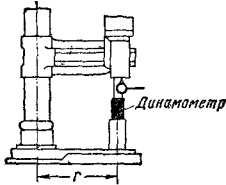
Продолжение табл. 24

Объект проверки	Допуск в мм
 <p>2. Перпендикулярность колонны станка к рабочей поверхности фундаментной плиты—для станков с одной плитой</p>	<p>а) В продольной плоскости: для стоек с вылетом шпинделя до 1200 мм вкл.— $\frac{0,2}{1000}$; св. 1200 мм — $\frac{0,3}{1000}$ (допускается наклон колонны только к плите);</p> <p>б) В поперечной плоскости $\frac{0,10}{1000}$ (допускается наклон колонны только к плите в сторону шпинделя)</p>
 <p>3. Параллельность боковых направляющих поперечины (отсутствие изгибности направляющих)</p>	<p>0,10 1000</p>
 <p>4. Радиальное биение оправки, установленной в коническом отверстии шпинделя</p>	<p>У конца шпинделя 0,02; на расстоянии 300 мм от конца шпинделя 0,03</p>
 <p>5. Перпендикулярность оси шпинделя к поверхности фундаментной плиты</p>	<p>а) В продольной плоскости 0,06 на длине 300 мм (нижний конец шпинделя может отклоняться только в сторону колонны);</p> <p>б) в поперечной плоскости 0,03 на длине 300 мм</p>

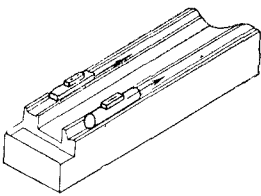
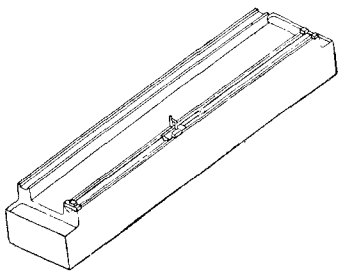
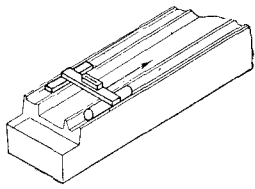
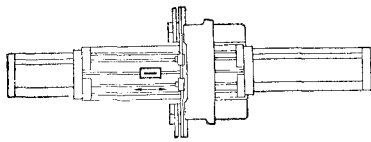
Примечания: 1. Проверка производится при двух положениях поперечины на колонне: на $\frac{1}{3}$ и $\frac{2}{3}$ высоты подъема.

2. Станки с несколькими плитами подвергаются проверке по каждой плите.

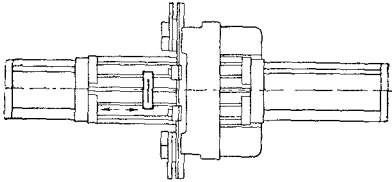
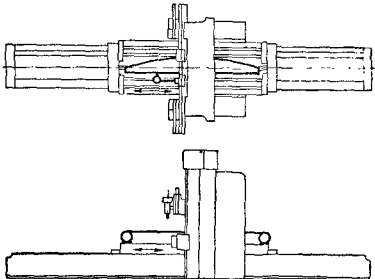
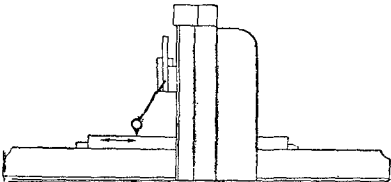
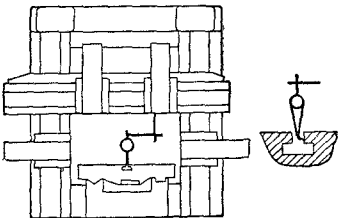
Продолжение табл. 24

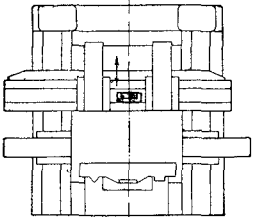
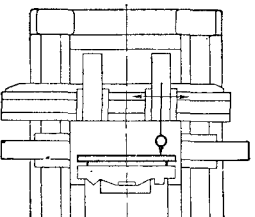
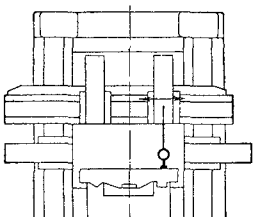
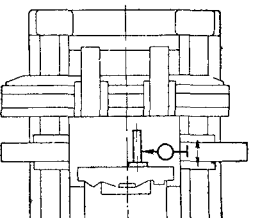
Объект проверки	Допуск в мм
 <p>6. Перпендикулярность перемещения гильзы шпинделя к поверхности фундаментной плиты</p> <p>а) б)</p> <p>Примечание. Станки с несколькими плитами подвергаются проверке по каждой плите.</p>	<p>а) В продольной плоскости 0,1 на длине 300 мм (нижний конец гильзы может отклоняться только в сторону колонны);</p> <p>б) в поперечной плоскости 0,05 на длине 300 мм</p>
 <p>7. Параллельность перемещения шпиндельной бабки поверхности фундаментной плиты</p>	<p>0,2 на каждые 1000 мм длины вылета шпинделя, но не свыше 0,5 для станков с вылетом более 2,5 м (свободный конец поперечины может отклоняться только вниз)</p>
<p>Проверка станка под нагрузкой</p>	
 <p>8. Отклонение поперечины (отжим) при сверлении от первоначального положения</p> <p>Динамометр</p> <p>г</p>	<p>1,5г, где г — наибольший радиус сверления в м</p>
<p>Примечание. Шпиндельная бабка устанавливается на поперечине в крайнем положении. Поперечина устанавливается в продольной плоскости в среднем положении на колонне. Колонна, шпиндельная бабка и поперечина закрепляются. К шпинделю прикладывается нагрузка согласно нижеследующей таблице. Нагрузка измеряется с помощью тарированного динамометра, установленного на фундаментной плите или на столе.</p> <p>Величина отжима определяется индикатором, установленным так, чтобы его мерительный штифт касался нижней плоскости шпиндельной бабки около гильзы.</p> <p>Таблица нагрузок</p>	
<p>Наибольший диаметр сверления на испытуемом станке (в стали с $\sigma_B = 52 \div 65 \text{ кг/мм}^2$) в мм</p>	<p>Прилагаемая к шпинделю нагрузка в кг</p>
<p>25 35 50 75 100</p>	<p>750 1250 2000 3400 5000</p>

25. Станки продольно-строгальные (ГОСТ 35 54)

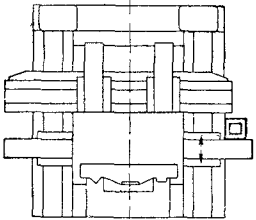
Объект проверки	Допуск в мм
<p style="text-align: center;"><i>Точность выверки станины</i></p>	
 <p>1. Прямолинейность направляющих станины в вертикальной плоскости</p>	<p>а) На 1 м длины направляющих — 0,02; б) на всей длине направляющей: до 6 м — 0,03; до 8 м — 0,04; до 12 м — 0,05; до 16 м — 0,06; до 20 м — 0,08; до 25 м — 0,10; до 35 м — 0,15</p>
 <p>2. Прямолинейность направляющих станины в горизонтальной плоскости</p>	<p>а) На 1 м длины направляющей — 0,02; б) на всей длине направляющей: до 6 м — 0,03; до 8 м — 0,04; до 12 м — 0,05; до 16 м — 0,06; до 20 м — 0,08; до 25 м — 0,10; до 35 м — 0,15</p>
 <p>3. Параллельность направляющих станины (отсутствие извернутости)</p>	<p>На 1 м длины направляющей при расстоянии между направляющими: до 1 м — $\frac{0,02}{1000}$; до 2 м — $\frac{0,03}{1000}$; свыше 2 м — $\frac{0,04}{1000}$</p>
Примечание. Проверки 1—3 производятся при сборке станка.	
<p style="text-align: center;"><i>Проверка точности станка</i></p>	
 <p>4. Прямолинейность перемещения стола, проверяемая в вертикальной плоскости</p>	<p>а) На 1 м хода стола — 0,02; б) на всей длине хода стола: до 2 м — 0,02; до 3 м — 0,03; до 4 м — 0,04; до 6 м — 0,05; до 8 м — 0,06; до 10 м — 0,08; до 12 м — 0,10; до 16 м — 0,12</p>

Продолжение табл. 25

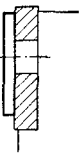
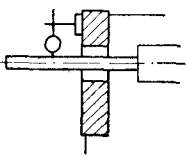
Объект проверки	Допуск в мм
 <p>5. Перекосы рабочей поверхности стола при его перемещении</p>	<p>а) На 1 м хода стола — $\frac{0,02}{1000}$; б) на всей длине хода стола: до 2 м — $\frac{0,02}{1000}$; до 3 м — $\frac{0,03}{1000}$; до 4 м — $\frac{0,04}{1000}$; до 6 м — $\frac{0,05}{1000}$; до 8 м — $\frac{0,06}{1000}$; до 10 м — $\frac{0,07}{1000}$; до 12 м — $\frac{0,08}{1000}$; до 16 м — $\frac{0,10}{1000}$</p>
 <p>6. Прямолинейность перемещения стола, проверяемая в горизонтальной плоскости</p>	<p>а) На 1 м хода стола — 0,01; б) на всей длине хода стола: до 2 м — 0,02; до 3 м — 0,03; до 4 м — 0,04; до 6 м — 0,05; до 8 м — 0,06; до 10 м — 0,08; до 12 м — 0,10; до 16 м — 0,15</p>
 <p>7. Параллельность рабочей поверхности стола его перемещению</p>	<p>а) На 1 м хода стола — 0,01; б) на всей длине хода стола: до 2 м — 0,02; до 3 м — 0,03; до 4 м — 0,04; до 6 м — 0,05; до 8 м — 0,06; до 10 м — 0,07; до 12 м — 0,08; до 16 м — 0,10</p>
 <p>8. Параллельность боковых сторон среднего паза стола его перемещению</p>	<p>а) На 1 м хода стола — 0,01; б) на всей длине хода стола: до 2 м — 0,02; до 3 м — 0,03; до 4 м — 0,04; до 6 м — 0,06; до 8 м — 0,08; св. 8 м допуск не регламентируется</p>

Объект проверки	Допуск в мм
 <p>9. Параллельность перемещения поперечины по отношению к ее первоначальному положению</p>	<p>а) На 1 м подъема поперечины — $\frac{0,03}{1000}$;</p> <p>б) на всей высоте подъема поперечины: до 2 м — $\frac{0,03}{1000}$; до 3 м — $\frac{0,04}{1000}$; до 4 м — $\frac{0,05}{1000}$</p>
 <p>10. Прямолинейность перемещения суппорта по поперечине</p>	<p>а) На 1 м хода суппорта — 0,015;</p> <p>б) На всей длине хода суппорта: до 2 м — 0,025; до 3 м — 0,030; до 4 м — 0,040; до 5 м — 0,050</p>
 <p>11. Параллельность перемещения суппорта по поперечине рабочей поверхности стола</p>	<p>1. Для станков без уравнительного устройства — 0,015 на 500 мм ширины стола</p> <p>2. Для станков с уравнительными устройствами:</p> <p>а) на 1 м ширины стола — 0,025;</p> <p>б) на всей ширине стола: до 2 м — 0,030; до 3 м — 0,040; до 4 м — 0,050; до 5 м — 0,060 (в одностоечных станках допускается отклонение свободного конца поперечины только вниз)</p>
 <p>12. Перпендикулярность перемещения бокового суппорта рабочей поверхности стола в плоскости, перпендикулярной к направлению перемещения стола</p>	<p>0,02 на длине 500 м (в одностоечных станках допускается наклон стойки только к столу)</p>

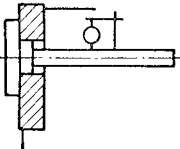
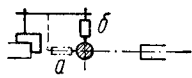
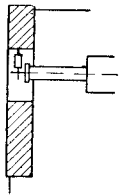
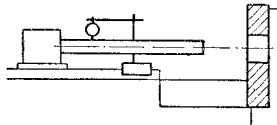
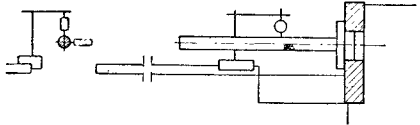
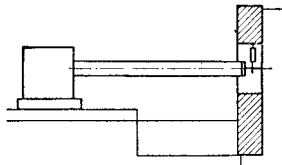
Продолжение табл. 25

Объект проверки	Допуск в мм
 <p>13. Прямолинейность перемещения бокового суппорта по стойке в плоскости, перпендикулярной к направлению перемещения стола</p>	<p>а) На 500 мм высоты подъема суппорта $\frac{0,02}{1000}$;</p> <p>б) на всей высоте подъема суппорта: до 2 м — $\frac{0,03}{1000}$; до 3 м — $\frac{0,04}{1000}$; до 4 м — $\frac{0,05}{1000}$</p>
<i>Проверка станка в работе</i>	
14. Плоскостность обработанной поверхности образца	0,02 на длине 1 м
15. Параллельность верхней обработанной поверхности образца основанию	На длине до 1 м — 0,02; до 2 м — 0,03; до 3 м — 0,04; до 4 м — 0,05; до 6 м — 0,06; до 8 м — 0,07
16. Перпендикулярность обработанных верхней и боковой поверхностей образца	<p>а) Для станков с шириной строгания до 2 м — 0,02 на длине 300 мм;</p> <p>б) для станков с шириной строгания св. 2 м — 0,03 на длине 500 мм</p>
<p>Примечания к проверкам 14—16: 1. Образец для обработки на проверяемом станке должен представлять жесткую чугунную отливку сечением не менее 350×350 мм и длиной не менее 0,6 длины стола. Образец должен быть предварительно обработан: основание иметь чистовую обработку, верхняя и боковая поверхности — получистовую.</p> <p>2. Замеры производят до снятия образца со станка.</p>	

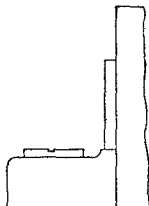
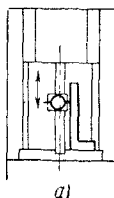
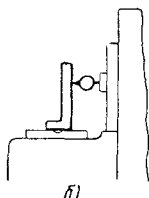
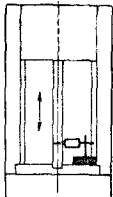
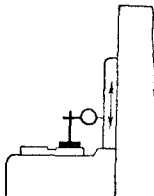
26. Станки протяжные горизонтальные общего назначения (ГОСТ 5404-54)

Объект проверки	Допуск в мм для станков с тяговым усилием в т		
	до 5	св. 5 до 40	св. 40 до 160
<i>Проверка точности станка</i>			
 <p>1. Плоскостность рабочей поверхности опорной плиты</p>	10—13	8—10	5—8
	пятен на площади 25×25 мм на любом участке плиты		
 <p>2. Параллельность оправки, установленной в отверстии втулки рабочей ползушки, служащей для закрепления рабочего патрона, перемещению ползушки:</p> <p>а) в вертикальной плоскости;</p> <p>б) в горизонтальной плоскости</p>	<p>0,06 на длине 300 мм (допускается отклонение оправки в вертикальной плоскости только вверх)</p>		

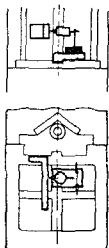
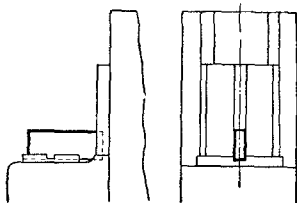
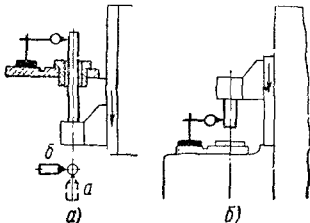
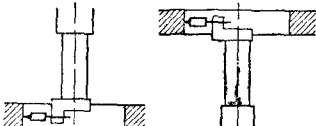
Продолжение табл. 26

Объект проверки	Допуск в мм для станков с тяговым усилием в т		
	до 5	св. 5 до 40	св. 40 до 160
<p>3. Перпендикулярность перемещения рабочей ползушки к поверхности опорной плиты</p>  	0,03 на длине 300 мм (допускается отклонение оправки в вертикальной плоскости только вверх)	0,05	0,07
 <p>4. Соосность отверстия во втулке рабочей ползушки с отверстием в опорной плите</p>	0,04	0,05	0,06
 <p>5. Параллельность оправки, установленной в отверстии ползушки вспомогательного патрона, перемещению ползушки</p>	0,06 на длине 300 мм (допускается отклонение оправки в вертикальной плоскости только вниз)		
<p>6. Перпендикулярность перемещения ползушки вспомогательного патрона к поверхности опорной плиты</p> 	0,09 на длине 300 мм (допускается наклон оправки в вертикальной плоскости только вниз)	0,12	0,14
 <p>7. Соосность отверстия в ползушке вспомогательного патрона с отверстием в опорной плите</p>	0,05	0,06	0,07
<p>Примечание. Проверки 5—7 выполняются только на станках, имеющих механизм подвода и отвода протяжки.</p>			
<p style="text-align: center;"><i>Проверка станка в работе</i></p>			
8. Перпендикулярность оси отверстия к опорной поверхности детали	0,06 на диаметре 20 мм не менее	0,08 200 мм 40 мм	0,10 при длине 80 мм
<p>Примечание. Образец должен представлять втулку с предварительно обработанным под протяжку отверстием.</p>			

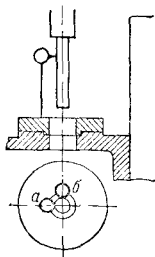
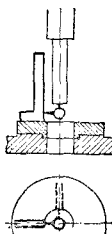
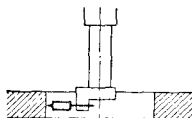
27. Станки протяжные вертикальные общего назначения (ГОСТ 5404-54)

Объект проверки		Допуск в мм для станков с тяговым усилием в т		
		до 5	св. 5 до 40	св. 40 до 80
Проверка точности станка				
	1. Плоскостность рабочей поверхности стола	10—13 8—10 5—8 пятен на площади 25×25 мм на любом участке стола		
 а)	 б)	2. Перпендикулярность перемещения ползуна к рабочей поверхности стола: а) в поперечной плоскости б) в продольной плоскости		
	3. Параллельность боковой поверхности вертикального паза ползуна направлению его перемещения	Для станков наружного протягивания: 0,02 0,03 0,04 на длине 300 мм Для станков внутреннего протягивания: 0,03 0,04 0,06 на длине 300 мм		
Примечание. Проверка производится только у станков наружного протягивания		0,03 на длине 1000 мм		
	4. Параллельность рабочей поверхности ползуна направлению его перемещения	0,05 на длине 1000 мм		
Примечание. Проверка производится только у станков наружного протягивания.				

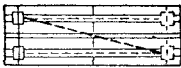
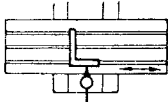
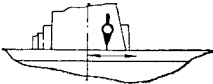
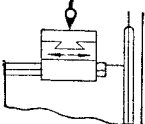
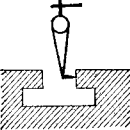
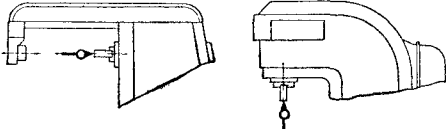
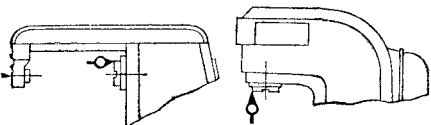
Продолжение табл. 27

Объект проверки	Допуск в мм для станков с тяговым усилием в т		
	до 5	св. 5 до 40	св. 40 до 80
<div></div> <p>5. Перпендикулярность продольного паза стола к рабочей поверхности ползуна</p>	0,04 0,05 0,06 на длине 300 мм		
Примечание. Проверка производится только у станков наружного протягивания.			
<div></div> <p>6. Совпадение продольного паза стола с вертикальным пазом ползуна</p>	0,04 0,05 0,06		
Примечание. Проверка производится только у станков иаружного протягивания.			
<div></div> <p>7. Параллельность оправки, установленной в отверстии кронштейна, направлению перемещения ползуна: а) при нижнем расположении кронштейна б) при верхнем расположении кронштейна</p>	0,03 0,04 0,05 на длине 300 мм (ось отверстия может отклоняться только к ползуну при верхнем расположении кронштейна и от ползуна при нижнем расположении кронштейна)		
Примечание. Проверка производится только у станков внутреннего протягивания.			
<div></div> <p>8. Соосность отверстия в кронштейне с отверстием в столе</p>	0,03 0,04 0,05		
Примечание. Проверка производится только у станков внутреннего протягивания.			

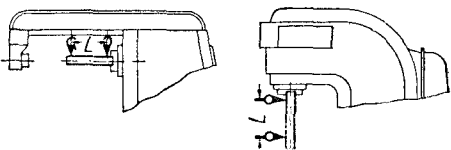
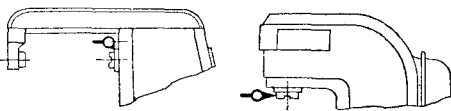
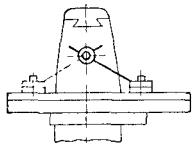
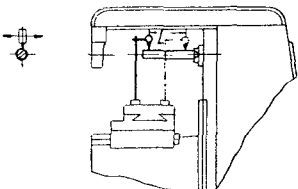
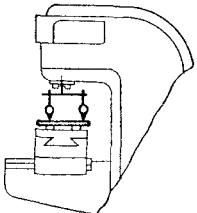
Продолжение табл. 27

Объект проверки	Допуск в мм для станков с тяговым усилием в т		
	до 5	св. 5 до 40	св. 40 до 80
 <p>9. Параллельность оправки, установленной в отверстии ползушки вспомогательного патрона, перемещению ползушки</p>	0,04 0,06 0,08 на длине 200 мм		
<p>Примечание. Проверка производится только для станков внутреннего протягивания со вспомогательным патроном</p>			
 <p>10. Перпендикулярность перемещения ползушки вспомогательного патрона к рабочей поверхности стола</p>	0,04 0,06 0,08 на длине 300 мм		
<p>Примечание. Проверка производится у станков внутреннего протягивания с вспомогательным патроном</p>			
 <p>11. Соосность отверстия в кронштейне вспомогательного патрона с отверстием в столе</p>	0,03 0,04 0,05		
<p>Примечание. Проверка производится только у станков внутреннего протягивания с вспомогательным патроном.</p>			
<p>Проверка станка в работе</p>			
Станки для наружного протягивания. Перпендикулярность обработанной боковой поверхности к опорной поверхности детали	0,03 0,04 0,05 на длине 300 мм		
Станки для внутреннего протягивания. Перпендикулярность оси обработанного отверстия к опорной поверхности детали	0,04 0,06 0,08 на диаметре 200 мм при длине не менее 20 мм 40 мм 80 мм		

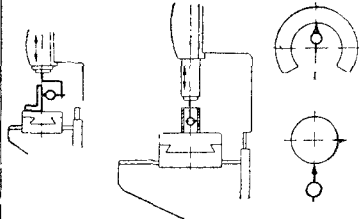
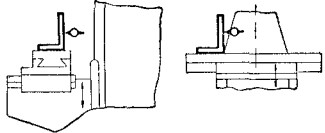
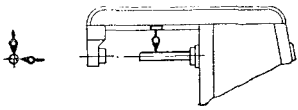
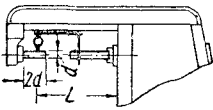
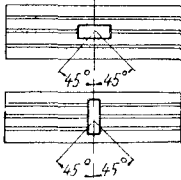
28. Станки фрезерные консольные общего назначения (ГОСТ 13-54)

Объект проверки	Допуск в мм
<p style="text-align: center;"><i>Проверка точности станка</i></p> <p style="text-align: center;">1. Плоскостность рабочей поверхности стола</p> 	<p>0,03 на длине 1000 мм в любых направлениях (допускается только вогнутость)</p>
<p style="text-align: center;">2. Взаимная перпендикулярность продольного и поперечного перемещения стола в горизонтальной плоскости</p> 	<p>0,02 на длине 300 мм</p>
<p style="text-align: center;">3. Параллельность рабочей поверхности стола направлению его продольного перемещения</p> 	<p>На всей длине хода стола: до 300 мм — 0,015; до 500 мм — 0,020; до 1000 мм — 0,030; св. 1000 мм — 0,040</p>
<p style="text-align: center;">4. Параллельность рабочей поверхности стола направлению его поперечного перемещения</p> 	<p>На всей длине хода стола: до 300 мм — 0,02; до 500 мм — 0,03 (стол может иметь отклонение только к станине)</p>
<p style="text-align: center;">5. Параллельность боковых сторон среднего паза стола направлению его продольного перемещения</p> 	<p>На всей длине хода стола: до 300 мм — 0,020; до 500 мм — 0,030; до 1000 мм — 0,035; св. 1000 мм — 0,040</p>
<p style="text-align: center;">6. Осевое биение шпинделя</p> 	<p>Для станков с диаметром шейки шпинделя под передний подшипник: до 50 мм — 0,010; до 80 мм — 0,015; св. 80 мм — 0,020</p>
<p style="text-align: center;">7. Биение торцевой поверхности переднего конца фрезерного шпинделя</p> 	<p>Для станков с диаметром шейки шпинделя под передний подшипник: до 50 мм — 0,015; до 80 мм — 0,020; св. 80 мм — 0,025</p>

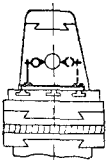
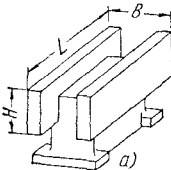
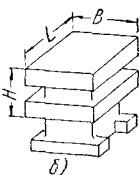
Продолжение табл. 28

Объект проверки	Допуск в мм
 <p>8. Радиальное биение оправки, установленной в отверстии шпинделя</p>	<p>У торца шпинделя 0,010. Для станков с диаметром шейки шпинделя: до 50 мм — 0,015 на расстоянии $L=150$ мм, св. 50 мм — 0,020 на расстоянии $L=300$ мм</p>
 <p>9. Радиальное биение наружной цилиндрической посадочной поверхности переднего конца шпинделя</p>	<p>Для станков с диаметром шейки шпинделя под передний подшипник: до 50 мм — 0,010; св. 50 мм — 0,015</p>
 <p>10. Перпендикулярность оси вращения горизонтального шпинделя к среднему пазу стола — для горизонтальных станков</p>	<p>0,02 на длине 300 мм</p>
 <p>11. Параллельность оправки, установленной в отверстии шпинделя, рабочей поверхности стола — для горизонтальных станков</p>	<p>Для станков с шириной стола до 160 мм — 0,02 на длине $L=150$ мм; св. 160 мм — 0,03 на длине $L=300$ мм (свободный конец оправки может отклоняться только вниз)</p>
 <p>12. Перпендикулярность оси вращения шпинделя к рабочей поверхности стола — для вертикальных станков</p>	<p>1) Для станков с шириной стола до 160 мм: 0,015 на диаметре 150 мм в продольной плоскости; 0,020 на диаметре 150 мм в поперечной плоскости. 2) Для станков с шириной стола св. 160 мм: 0,020 на диаметре 300 мм в продольной плоскости; 0,030 на диаметре 300 мм в поперечной плоскости (в поперечной плоскости отклонение допускается только в сторону станины)</p>

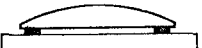
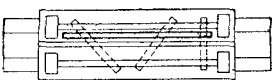
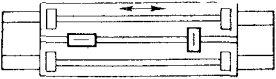
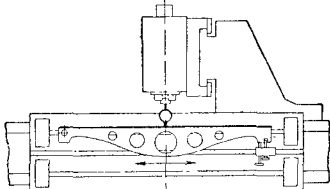
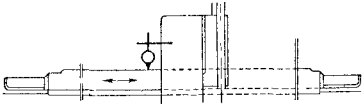
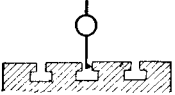
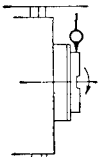
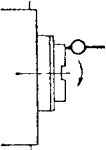
Продолжение табл. 28

Объект проверки	Допуск в мм
 <p>13. Перпендикулярность вертикального перемещения фрезерной головки или гильзы шпинделя к поверхности стола для вертикальных станков, имеющих механическую подачу вертикальных фрезерных головок или гильз шпинделей</p>	<p>Для фрезерной головки:</p> <p>1) в продольной плоскости на длине перемещения до 150 мм — 0,015; до 300 мм — 0,030;</p> <p>2) в поперечной плоскости на длине перемещения до 150 мм — 0,020; до 300 мм — 0,030</p> <p>Для гильзы на длине перемещения 0,020 в продольной плоскости и 0,025 в поперечной плоскости</p> <p>(в поперечной плоскости допускается отклонение только в сторону станины)</p>
 <p>14. Перпендикулярность рабочей поверхности стола к вертикальному перемещению консоли в продольной и поперечной плоскостях</p>	<p>1) Для станков с шириной стола до 160 мм: 0,015 на длине 150 мм — вдоль продольной оси стола; 0,020 на длине 150 мм вдоль поперечной оси стола;</p> <p>2) для станков с шириной стола св. 160 мм: 0,020 на длине 300 мм вдоль продольной оси стола и 0,030 на длине 300 мм вдоль поперечной оси стола</p> <p>(в поперечной плоскости верхний конец угольника может отклоняться только в сторону станины)</p>
 <p>15. Параллельность направляющих хобота оси вращения шпинделя в вертикальной и горизонтальной плоскостях для горизонтальных станков</p>	<p>Для станков с шириной стола до 160 мм 0,015 на длине 150 мм, и для станков с шириной стола св. 160 мм 0,025 на длине 300 мм</p>
 <p>16. Совпадение оси вращения шпинделя с осью отверстия серги для горизонтальных станков</p>	<p>0,02 на длине $L = 150$ мм для станков с шириной стола до 160 мм и 0,03 на длине $L = 300$ мм для станков с шириной стола св. 160 мм</p>
 <p>17. Параллельность рабочей поверхности стола плоскости его поворота для станков с поворотным столом</p>	<p>0,10 100 в каждом направлении</p>

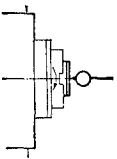
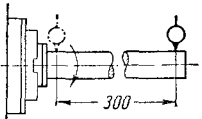
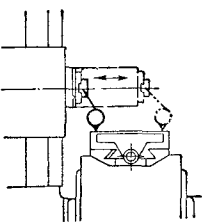
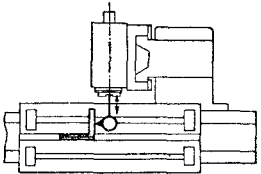
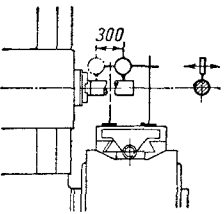
Продолжение табл. 28

Объект проверки	Допуск в мм		
<div></div> <div>Стойка индикатора</div> <div>18. Совпадение оси вращения шпинделя с плоскостью симметрии среднего паза стола, повернутого параллельно оси шпинделя, - для станков с горизонтальным шпинделем и поворотным столом</div>	0,15		
Примечание. Проверка 18 производится в период сборки станка.			
Проверка станка в работе			
<div></div> <div></div> <div>19. Плоскостность обработанной поверхности</div>	0,02 на длине 150 мм; 0,04 на длине 300 мм		
20. Параллельность верхней обработанной поверхности основанию	0,02 на длине 150 мм; 0,04 на длине 300 мм		
21. Перпендикулярность боковых обработанных поверхностей основанию	0,02 на длине 150 мм		
22. Взаимная перпендикулярность боковых (и торцовых) поверхностей между собой	0,02 на длине 150 мм; 0,03 на длине 300 мм		
<div>Примечания. 1. Контроль на длине 300 мм осуществляется на образцах длиной $L > 300$ мм.</div> <div>2. Образец прямоугольной формы чугунный; для проверки станков с горизонтальным шпинделем рекомендуется форма а и с вертикальным шпинделем — форма б.</div>			
Размеры обрабатываемых поверхностей образцов в мм не менее			
При ширине рабочей поверхности стола в мм	B	L	H
До 160 Св. 160 до 250 Св. 250	80 100 150	160 200 300	80 100 100
3. Перед установкой образца на испытываемый станок его основание подвергается чистовой обработке. Остальные поверхности обрабатываются начисто на испытываемом станке насадной торцевой фрезой (диаметром не более $\frac{2}{3} B$).			

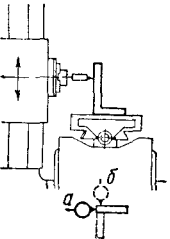
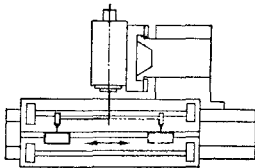
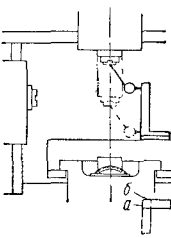
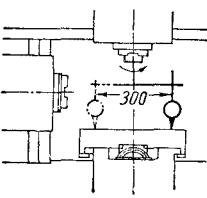
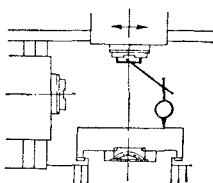
29. Станки продольно-фрезерные общего назначения (ГОСТ 97-51)

Объект проверки	Допуск в мм
<p style="text-align: center;"><i>Проверка точности станка</i></p>   <p>1. Плоскостность рабочей поверхности стола</p>	0,02 на длине 1000 мм
 <p>2. Прямолинейность перемещения стола, проверяемая в вертикальной плоскости</p>	0,04 1000 на всей длине хода стола
 <p>3. Прямолинейность перемещения стола, проверяемая в горизонтальной плоскости</p>	0,02 на длине 1000 мм
 <p>4. Параллельность рабочей поверхности стола его перемещению</p>	0,02 на длине 1000 мм
 <p>5. Параллельность боковых сторон среднего паза стола его перемещению</p>	0,01 на длине 1000 мм
 <p>6. Радиальное биение наружных посадочных поверхностей передних концов фрезерных шпинделей, центрирующих насадных фрез</p>	0,01
 <p>7. Биение торцовых поверхностей передних концов фрезерных шпинделей</p>	0,015

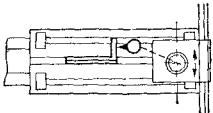
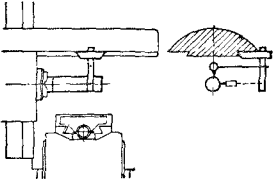
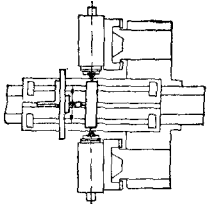
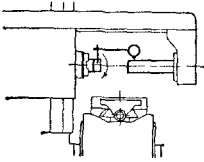
Продолжение табл. 29

Объект проверки	Допуск в мм
 <p>8. Осевое биение фрезерных шпинделей</p>	0,015
 <p>9. Радиальное биение оправки, установленной в коническом отверстии шпинделя</p>	У торца шпинделя — 0,01, на расстоянии 300 мм от торца шпинделя 0,02
 <p>10. Параллельность перемещения гильз шпинделей горизонтальных фрезерных головок рабочей поверхности стола</p>	0,02 на всей длине перемещения гильзы (гильза при выдвигении может отклоняться только вниз)
 <p>11. Перпендикулярность перемещения гильз шпинделей горизонтальных фрезерных головок к среднему пазу стола</p>	0,02 на всей длине перемещения гильзы
 <p>12. Параллельность осей шпинделей горизонтальных фрезерных головок рабочей поверхности стола</p>	0,02 на длине 300 мм (свободный конец оправки может отклоняться только вниз)

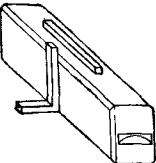
Продолжение табл. 29

Объект проверки	Допуск в мм
 <p>13. Перпендикулярность перемещения горизонтальных фрезерных головок к рабочей поверхности стола</p>	<p>0,02 на длине 300 мм; в плоскости, перпендикулярной (а) и параллельной (б) к направлению перемещения стола; наклон обеих стоек может быть только в одном и том же направлении у станков с двумя горизонтальными головками</p>
 <p>14. Перпендикулярность осей вращения шпинделей горизонтальных фрезерных головок к перемещению стола</p>	<p>0,02 на длине 300 мм</p>
 <p>15. Перпендикулярность перемещения гильз шпинделей вертикальных фрезерных головок к рабочей поверхности</p>	<p>0,02 на всей длине перемещения гильзы в плоскостях, перпендикулярной и параллельной направлению перемещения стола</p>
 <p>16. Перпендикулярность осей шпинделей вертикальных фрезерных головок к рабочей поверхности стола</p>	<p>0,02 на длине 300 мм</p>
 <p>17. Параллельность перемещения вертикальных фрезерных головок рабочей поверхности стола</p>	<p>0,03 на ширине стола до 650 мм вкл. и 0,04 на ширине стола св. 650 мм</p>

Продолжение табл. 29

Объект проверки	Допуск в мм
 <p>18. Перпендикулярность горизонтального перемещения вертикальных фрезерных головок к среднему пазу стола</p>	<p>0,02 на длине 300 мм</p>
 <p>19. Параллельность направляющих хобота оси шпинделя горизонтальной фрезерной головки</p>	<p>0,02 на длине 300 мм в вертикальной и горизонтальных плоскостях</p>
 <p>20. Перпендикулярность расположения линии, соединяющей центры шпинделей правой и левой горизонтальных фрезерных головок, к среднему пазу стола</p>	<p>0,03 на всей длине оправки для стапков с шириной стола до 1250 мм вкл.</p>
 <p>21. Совпадение оси вращения шпинделя с осью отверстия серьги</p>	<p>0,02</p>

Продолжение табл. 29

Объект проверки	Допуск в мм
<p style="text-align: center;"><i>Проверка станка в работе</i></p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>22. Плоскостность обработанных на станке поверхностей</p> <p>23. Параллельность обработанной на станке горизонтальной поверхности основанию</p> <p>24. Параллельность обработанных на станке вертикальных поверхностей между собой</p> <p>25. Перпендикулярность обработанных на станке вертикальных поверхностей к основанию</p> <p>26. Чистота обработанных на станке поверхностей</p> </div> </div> <div style="margin-top: 20px;"> <p>0,04 на длине 1000 мм</p> <p>0,02 на длине 1000 мм</p> <p>0,02 на длине 1000 мм</p> <p>0,02 на длине 200 мм</p> <p>Не ниже $\nabla\nabla\nabla 7$ при работе торцовыми фрезами и не ниже $\nabla\nabla 6$ при работе цилиндрическими фрезами</p> </div>	

Примечания к проверкам 22—26: 1. На станке устанавливается жесткая чугунная отожженная заготовка следующей характеристики: высота заготовки не менее 200 мм; длина не менее 1000 мм (за исключением коротких станков, где длина заготовки должна быть не менее 0,8 длины хода стола); ширина выбирается в зависимости от размеров и конструкции станков с таким расчетом, чтобы на станках с правой и левой горизонтальными фрезерными головками обработка боковых сторон могла быть произведена одновременно (без перестановки заготовки) при выдвинутых не более чем наполовину гильзах шпинделей.

2. Заготовка должна быть предварительно обработана так, чтобы сторона ее, обращенная к столу, имела чистовую обработку, а поверхности, подлежащие контрольной обработке и проверке, имели бы полустовую обработку с данного постановления на этом же станке.

На заготовке должны быть сняты фаски по всем продольным кромкам с таким расчетом, чтобы избежать образования заусенцев при контрольном фрезеровании и исключить образование уступов при фрезеровании вертикальных поверхностей.

В случае, если ширина заготовки превышает ширину фрезерования торцовой фрезой от вертикальной фрезерной головки, то во избежание образования уступов по краям заготовки делаются выемки.

3. Обработка горизонтальной поверхности заготовки производится:

а) на станках, имеющих только горизонтальные фрезерные головки, — цилиндрической фрезой, посаженной на оправку, конец которой поддерживается серьгой;

б) на станках, имеющих вертикальные фрезерные головки, — торцовой фрезой.

Обработка вертикальных поверхностей заготовки производится:

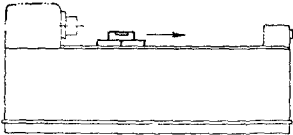
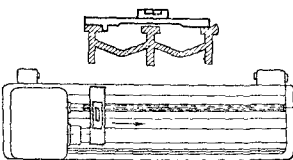
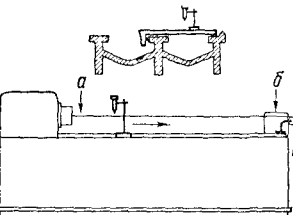
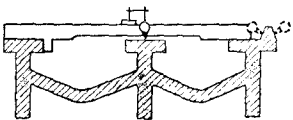
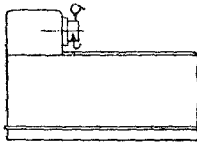
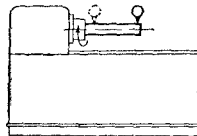
а) на станках, имеющих только вертикальные фрезерные головки, — цилиндрическими фрезами;

б) на станках, имеющих горизонтальные фрезерные головки, — торцовыми фрезами.

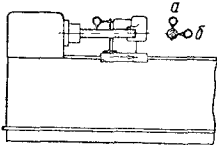
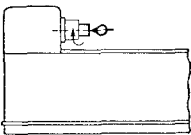
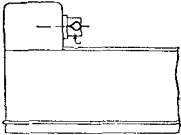
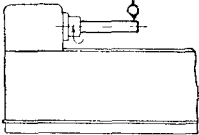
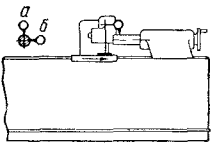
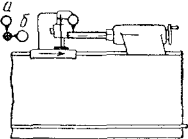
4. На станках, имеющих только одну горизонтальную фрезерную головку и не имеющих к тому же вертикальной фрезерной головки, обработка второй вертикальной поверхности заготовки не производится, а следовательно, отпадает и проверка ее параллельности.

5. Обработка поверхностей для контрольных замеров производится на скоростных чистовых режимах.

30. Станки резьбофрезерные для длинных резьб с высотой центров до 250 мм и с расстоянием между центрами до 7000 мм (ГОСТ 1797-42)

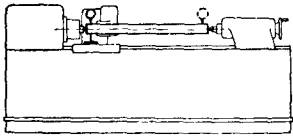
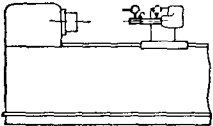
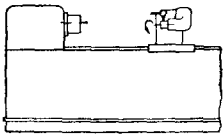
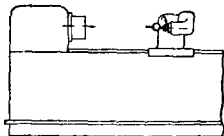
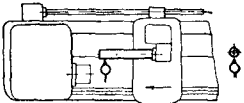
Объект проверки	Допуск в мм
<p style="text-align: center;"><i>Проверка точности станка</i></p>  <p>1. Прямолинейность направляющих станины для суппорта в вертикальной плоскости</p>	<p>0,02 1000 (допускается отклонение только в сторону выпуклости)</p>
 <p>2. Параллельность направляющих станины для суппорта (отсутствие извернутости направляющих)</p>	<p>0,04 1000</p>
 <p>3. Прямолинейность направляющих станины для суппорта в горизонтальной плоскости</p>	<p>0,02 на длине 1000 мм (допускается отклонение только в сторону вогнутости с центром кривизны вне радиуса)</p>
 <p>4. Параллельность направляющих станины для задней бабки направляющим для суппорта</p>	<p>0,02 на длине 1000 мм; 0,05 на всю длину для направляющих длиной 3 м и более</p>
 <p>5. Радиальное биение центрирующей шейки шпинделя передней бабки</p>	<p>0,015</p>
 <p>6. Радиальное биение оправки, установленной в коническом отверстии шпинделя передней бабки</p>	<p>0,01 у торца шпинделя, 0,02 на расстоянии 300 мм от торца шпинделя</p>

Продолжение табл. 30

Объект проверки	Допуск в мм
 <p>7. Параллельность оправки, установленной в отверстии шпинделя передней бабки, движению суппорта</p>	<p>а) В вертикальной плоскости 0,02 на длине 300 мм (свободный конец оправки может отклоняться только вверх); б) в горизонтальной плоскости 0,02 на длине 300 мм (свободный конец оправки может отклоняться только в сторону фрезы)</p>
 <p>8. Осевое биение шпинделя передней бабки</p>	0,01
 <p>9. Перпендикулярность торцовой поверхности буртика шпинделя передней бабки к оси вращения шпинделя</p>	0,01 на диаметре буртика
 <p>10. Радиальное биение оправки, зажатой в цанговом патроне</p>	При оправке диаметром: 50 мм 0,02, 70 мм — 0,03 на расстоянии 100 мм от торца головки патрона
 <p>11. Параллельность перемещения оси шпинделя задней бабки движению суппорта</p>	<p>а) В вертикальной плоскости 0,02 на длине 100 мм (свободный конец шпинделя может отклоняться только вверх); б) в горизонтальной плоскости 0,01 на 100 мм (свободный конец шпинделя может отклоняться только в сторону фрезы)</p>
 <p>12. Параллельность оправки, установленной в коническом отверстии шпинделя задней бабки, направлению движения суппорта</p>	В вертикальной и горизонтальной плоскостях 0,03 мм на длине 300 мм

Примечание. Проверка не относится к станкам, не имеющим конического отверстия в шпинделе задней бабки.

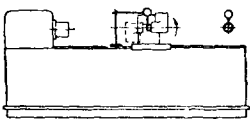
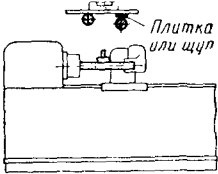
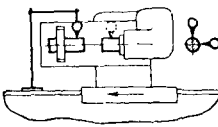
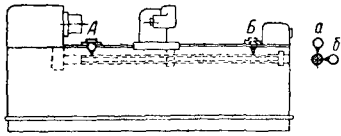
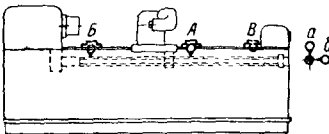
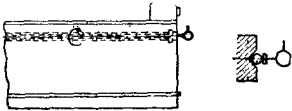
Продолжение табл. 30

Объект проверки	Допуск в мм
 <p>13. Расположение осей шпинделей передней и задней бабок (должны быть на одинаковой высоте над направляющими станины для суппорта)</p>	<p>0,02 (центр задней бабки может быть только выше центра передней бабки)</p>
 <p>14. Радиальное биение оправки, установленной в коническом отверстии шпинделя фрезерной головки</p>	<p>0,01 у конца шпинделя; 0,02 на расстоянии 300 мм от конца шпинделя</p>
 <p>15. Радиальное биение центрирующей шейки шпинделя фрезерной головки</p>	<p>0,01</p>
 <p>16. Осевое биение шпинделя фрезерной головки</p>	<p>0,01</p>
 <p>17. Параллельность оправки, установленной в отверстии шпинделя фрезерной головки, направлению движения каретки в горизонтальной плоскости</p>	<p>0,02 на длине 300 мм</p>

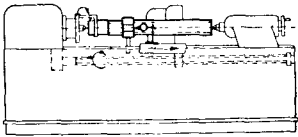
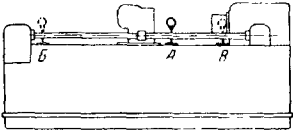
Примечания. 1. В станках, у которых шпиндель фрезерной головки не имеет конического отверстия, проверка производится по специальной оправке, имеющей форму шпинделя, но без шестерни, с цилиндрической частью длиной 300 мм.

2. Поворот фрезерной головки на 180° производится у тех станков, конструкция которых это позволяет.

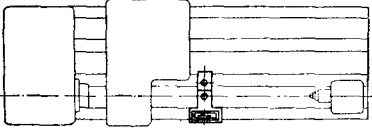
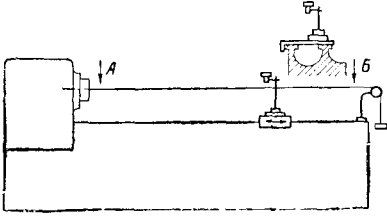
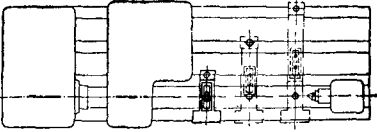
Продолжение табл. 30

Объект проверки	Допуск в мм
 <p>18. Взаимное расположение оси поворотной головки и оси шпинделя фрезерной головки</p>	0,05
<p>Примечания. 1. У станков, шпиндель фрезерной головки которых не имеет конического отверстия, проверка производится по выступающей части шпинделя для инструмента.</p> <p>2. У станков, фрезерная головка которых не может поворачиваться на 180°, проверка производится в процессе сборки станка.</p>	
 <p>19. Расположение осей шпинделя фрезерной головки и шпинделя передней бабки (должны быть на одинаковой высоте)</p>	$\begin{matrix} 0,07 \\ 1000 \end{matrix}$
<p>Примечание. У станков, шпиндель фрезерной головки которых не имеет конического отверстия, проверка производится по выступающей части шпинделя для инструмента</p>	
 <p>20. Совпадение оси подшипника, поддерживающего конец оправки для фрезы, с осью шпинделя фрезерной головки</p>	0,02
 <p>21. Расположение осей подшипников ходового винта (должны быть на одинаковом расстоянии от направляющих станины для суппорта)</p>	0,1
 <p>22. Совпадение оси разжимной гайки ходового винта с осями подшипников винта</p>	В вертикальной и горизонтальной плоскостях 0,15
 <p>23. Осевое биение ходового винта</p>	<p>При высоте центров до 180 мм вкл. — 0,01; при высоте центров более 180 мм — 0,02</p>

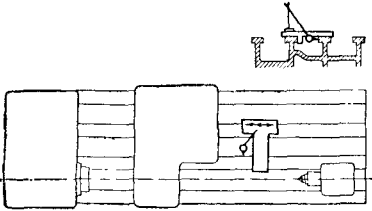
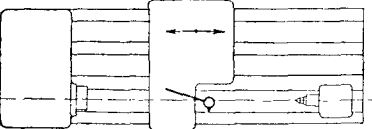
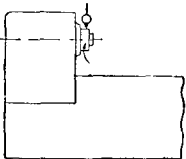
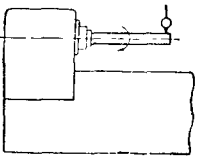
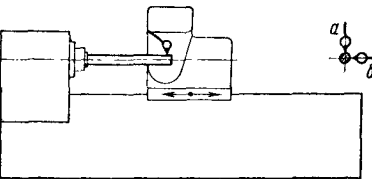
Продолжение табл. 30

Объект проверки	Допуск в мм
 <p>24. Точность шага ходового винта и передаточной цепи от шпинделя к ходовому винту</p>	<p>Накопленная погрешность: 0,03 на длине 100 мм; 0,05 на длине 300 мм</p>
 <p>25. Расположение осей подшипников фрезерного сундорта и оси подшипника каретки (должны быть на одинаковом расстоянии от направляющих станины для каретки)</p>	<p>0,15</p>
<p><i>Проверка станка в работе</i></p> <p>26. Точность резьбы, изготовленной на станке</p>	
<p>По ОСТ ВКС 7714 группа II</p>	
<p>Примечание. Фрезеруется трапецидальная одноходовая резьба по ОСТ 2409 на стальном валике диаметром 44—60 мм и длиной 300—400 мм</p>	

31. Станки шлифрезерные (ГОСТ 5642-51)

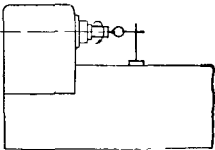
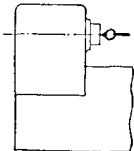
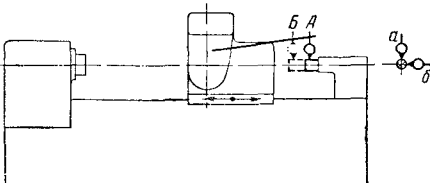
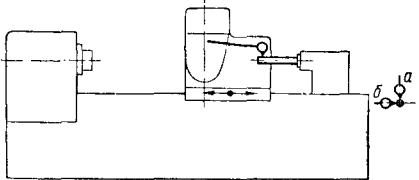
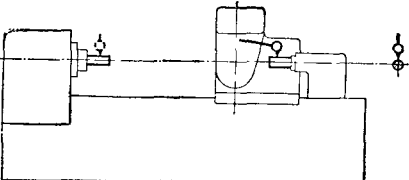
Объект проверки	Допуск в мм
<p><i>Проверка точности станка</i></p>	
 <p>1. Прямолинейность верхних направляющих поверхностей станины</p>	<p>$\frac{0,02}{1000}$ (допускается отклонение только в сторону выпуклости)</p>
 <p>2. Прямолинейность боковых сторон направляющих станины</p>	<p>0,02 на длине 1000 мм</p>
 <p>3. Параллельность верхних горизонтальных направляющих поверхностей станины (отсутствие извернутости)</p>	<p>$\frac{0,02}{1000}$ на длине 1000 мм и не свыше $\frac{0,05}{1000}$ на всей длине направляющих станины</p>

Продолжение табл. 31

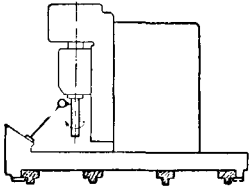
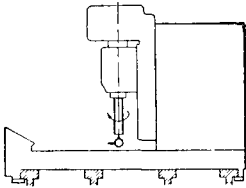
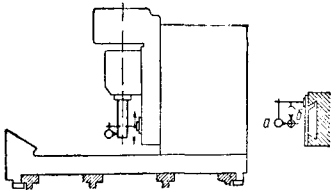
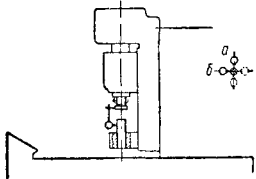
Объект проверки	Допуск в мм
 <p>4. Параллельность двух боковых сторон направляющих станины, обращенных к ходовому винту</p>	0,02
 <p>5. Параллельность боковых сторон направляющих станины для задней бабки боковым сторонам направляющих салазок фрезерной головки</p>	0,02 на длине 1000 мм и не св. 0,05 на всей длине направляющих станины
 <p>6. Радиальное биение центрирующей поверхности шпинделя передней бабки</p>	0,01; для станков с наибольшим диаметром устанавливаемого изделия св. 800 мм — 0,02
 <p>7. Радиальное биение оправки, установленной в отверстии шпинделя передней бабки</p>	У торца шпинделя 0,01; на расстоянии 300 мм от торца шпинделя 0,02
 <p>8. Параллельность оправки, установленной в отверстии шпинделя передней бабки, движению салазок фрезерной головки</p>	<p>а) В вертикальной плоскости 0,02 на длине 300 мм (свободный конец оправки может отклоняться только вверх);</p> <p>б) в горизонтальной плоскости 0,02 на длине 300 мм (свободный конец оправки может отклоняться только в сторону фрезы)</p>

Примечание. Проверка производится только при призматических направляющих для задней бабки.

Продолжение табл. 31

Объект проверки	Допуск в мм
 <p data-bbox="551 313 745 368">9. Осевое биение шпинделя передней бабки</p>	0,01
 <p data-bbox="551 491 745 595">10. Перпендикулярность торцовой поверхности буртика шпинделя передней бабки к оси вращения шпинделя</p>	0,01 на диаметре по торцу буртика
 <p data-bbox="551 684 745 768">11. Параллельность перемещения шпинделя задней бабки (пинколи) движению салазок фрезерной головки</p>	<p data-bbox="777 684 972 783">а) В вертикальной плоскости 0,01 на длине 100 мм (при выдвижении конец шпинделя может отклоняться только вверх);</p> <p data-bbox="777 783 972 902">б) В горизонтальной плоскости 0,01 на длине 100 мм (при выдвижении конец шпинделя может отклоняться только в сторону фрезы)</p>
 <p data-bbox="551 958 745 1077">12. Параллельность оправки, установленной в отверстии шпинделя задней бабки (пинколи), движению салазок фрезерной головки</p>	<p data-bbox="777 958 972 1058">а) В вертикальной плоскости 0,02 на длине 300 мм (свободный конец оправки может отклоняться только вверх);</p> <p data-bbox="777 1058 972 1161">б) В горизонтальной плоскости 0,02 на длине 300 мм (свободный конец оправки может отклоняться только в сторону фрезы)</p>
 <p data-bbox="551 1292 745 1381">13. Расстояние осей отверстий шпинделей передней и задней бабок от направляющих станины</p>	0,02 (ось отверстия задней бабки может находиться только выше оси отверстия шпинделя передней бабки)

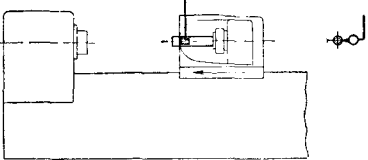
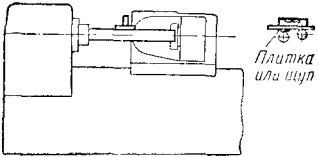
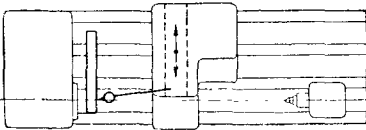
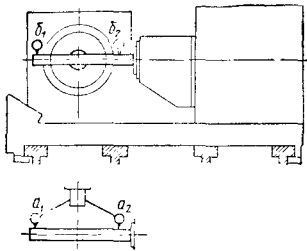
Продолжение табл. 31

Объект проверки	Допуск в мм
 <p>14. Радиальное биение оправки, установленной в отверстии шпинделя фрезерной головки</p>	<p>0,01 у торца шпинделя</p>
 <p>15. Осевое биение шпинделя фрезерной головки</p>	<p>0,01</p>
 <p>16. Параллельность оправки, установленной в отверстии шпинделя фрезерной головки, направляющим корпусом подшипников</p>	<p>а) В плоскости, параллельной направляющим, — 0,02 на длине 300 мм (свободный конец оправки может отклоняться только в сторону заготовки); б) в плоскости, перпендикулярной направляющим, — 0,02 на длине 300 мм</p>
 <p>17. Соосность отверстий шпинделя и подшипника для крепления оправки при фрезеровании (а и б)</p>	<p>0,01</p>

Примечание. Проверка относится к станкам, имеющим отверстие в шпинделе фрезерной головки.

Примечание. У станков, шпиндель фрезерной головки которых не имеет отверстия, проверка производится по шарик, вставленному в центровое отверстие шпинделя

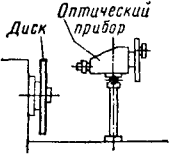
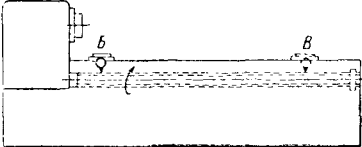
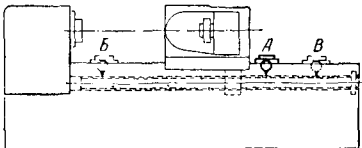
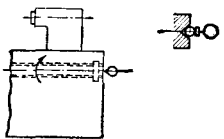
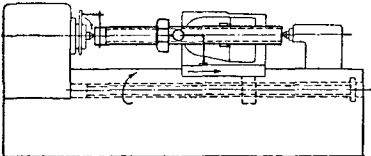
Продолжение табл. 31

Объект проверки	Допуск в мм
 <p>18. Параллельность оправки, установленной в отверстии шпинделя фрезерной головки при его горизонтальном положении, переменному салазок для станков универсального назначения</p>	<p>0,02 на длине 300 мм</p>
 <p>19. Расположение осей отверстий шпинделя передней бабки и шпинделя фрезерной головки при его горизонтальном положении для станков универсального назначения</p>	<p>0,07 1000</p>
 <p>20. Перпендикулярность перемещения фрезерной головки в поперечном направлении к оси шпинделя передней бабки</p>	<p>0,1 на длине перемещения фрезерной головки</p>
 <p>21. Расположение осей отверстий шпинделя наладной головки для пальцевой фрезы и шпинделя передней бабки (перпендикулярность осей $a_1 - a_2$ и $\delta_1 - \delta_2$)</p>	<p>а) В горизонтальной плоскости 0,01 на длине 300 мм; б) в вертикальной плоскости 0,01</p>

Примечания: 1. Проверка 18 относится к наладной головке, предназначенной для нарезания резьбы, и к фрезерной головке универсального назначения при возможности ее поворота на 90° относительно вертикальной плоскости.

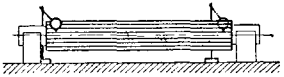

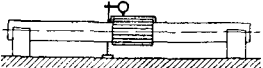

2. У станков, шпиндель фрезерной головки которых не имеет отверстия, проверка производится по специальной оправке, закрепленной на центрирующей поверхности шпинделя, с цилиндрической частью длиной 300 мм

Примечание. Проверка 19 относится к наладной головке, предназначенной для нарезания резьбы, и к фрезерной головке универсального назначения при возможности ее поворота на 90° относительно вертикальной плоскости. У станков, шпиндель фрезерной головки которых не имеет отверстия, проверка производится по выступающей части шпинделя для инструмента

Объект проверки	Допуск в мм
 <p>22. Точность делительной цепи</p>	<p>1) Суммарная (алгебраическая) ошибка делительной цепи без участия делительного диска (лимба) — 1,5 мин.; 2) суммарная ошибка делительной цепи плюс делительного диска — 2 мин.</p>
 <p>23. Параллельность оси ходового винта направляющим станины для станков универсального назначения (позиции В и В'); а) в вертикальной плоскости; б) в горизонтальной плоскости</p>	0,1
 <p>24. Соосность отверстия разжимной гайки ходового винта с отверстиями подшипников винта для станков универсального назначения (позиции А, В и В'); а) в вертикальной плоскости; б) в горизонтальной плоскости</p>	0,15
 <p>25. Осевое биение ходового винта для станков универсального назначения</p>	0,01; для станков с диаметром устанавливаемого изделия св. 360 мм — 0,02
 <p>26. Точность шага ходового винта и передаточной цепи от шпинделя к ходовому винту для станков универсального назначения</p>	Накопленная погрешность 0,03 на длине 100 мм; 0,05 на длине 300 мм

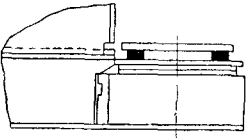
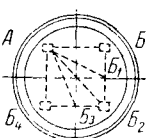
Примечание. Суммарная ошибка делительной цепи представляет собой сумму абсолютных значений наибольших погрешностей, полученных по делительной цепи без участия лимба, и погрешностей, полученных с участием лимба на одном обороте червяка

Продолжение табл. 31

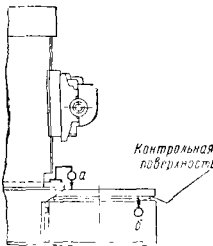
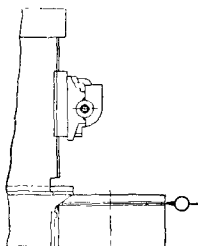
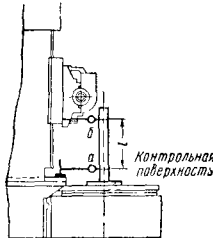
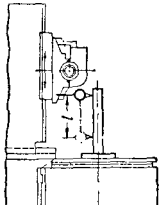
Объект проверки	Допуск в мм
<p align="center"><i>Проверка станка в работе</i></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>а)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>б)</p> </div> </div> <p>а) проверка на призмах; б) проверка в центрах</p>	
<p>27. Равномерность шага между любой парой нарезанных на станке шлицев (разность соседних шагов)</p>	0,02
<p>28. Параллельность боковой поверхности шлицев оси опорных шеек детали и оси детали</p>	0,02 на длине 100 мм; 0,05 на длине 300 мм.
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div> <p>29. Радиальное биение основной окружности нарезанного на станке прямозубого колеса</p>	0,02
<p>30. Точность резьбы, изготовленной на станке (для станков универсального назначения)</p>	По ОСТ ВКС 7714 группа п
<p>Примечания к проверкам 27—30: 1. Нарезка производится при чистовых режимах резания. 2. Нарезка шлицев должна производиться на шлицевом вале диаметром не менее 40 мм. 3. Трапецидальная одноходовая резьба по ОСТ 2409 нарезается на валике диаметром 40—80 мм и длиной не менее 300—400 мм</p>	

32. Станки зубофрезерные вертикальные общего назначения для обработки зубчатых колес диаметром от 80 до 5000 мм (ГОСТ 659-53)

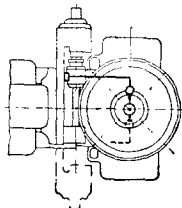
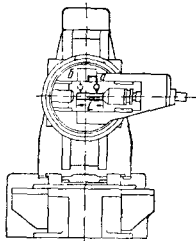
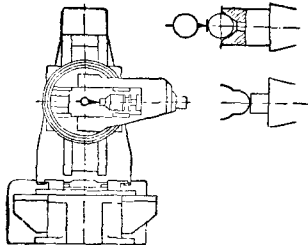
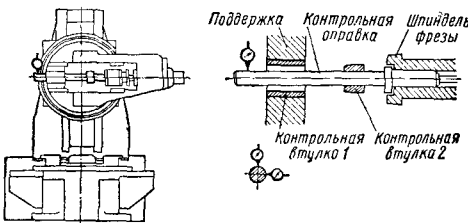
Точность установки станка перед его проверкой должна быть $\frac{0,02}{1000}$ для станков с диаметром обрабатываемого изделия до 800 мм; $\frac{0,03}{1000}$ для станков с диаметром обрабатываемого изделия свыше 800 мм

Объект проверки	Допуск в мм для станков с наибольшим диаметром обрабатываемого изделия в мм				
	до 125	св. 125 до 320	св. 320 до 800	св. 800 до 2000	св. 2000 до 5000
<p align="center"><i>Проверка точности станка</i></p> <p>1. Плоскостность рабочей поверхности стола в направлениях: А — В, А — В₂, А — В₄, А — В₁, А — В₃</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>					
<p>0,010 0,016 0,025 0,050 0,100 (допускается отклонение только в сторону выпуклости)</p>					

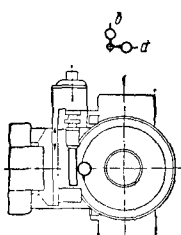
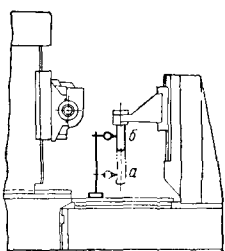
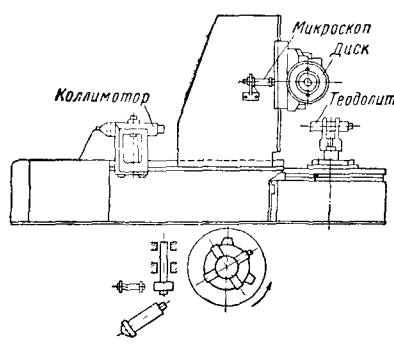
Продолжение табл. 32

Объект проверки	Допуск в мм для станков с наибольшим диаметром обрабатываемого изделия в мм				
	до 125	125 до 320	320 до 800	800 до 2000	2000 до 5000
 <p>2. Торцовое биение рабочей поверхности стола (положение индикатора а)</p>	На наибольшем диаметре проверяемой поверхности 0,007 0,010 0,015 0,020 0,030				
3. Торцовое биение контрольной поверхности стола (положение индикатора б)	—	—	—	0,020	0,030
 <p>4. Радиальное биение контрольной поверхности стола</p>	—	—	—	0,03	0,04
 <p>5. Радиальное биение оправки, установленной по центру стола</p>	а) у стола 0,008 0,010 0,015 0,020 0,030 б) при длине L в мм, равной 150 150 300 300 1000 0,010 0,012 0,020 0,030 0,040				
 <p>6. Параллельность перемещения суппорта фрезы оси вращения стола</p>	а) В продольной плоскости 0,015 0,020 0,030 0,030 0,040 на длине L в мм 150 300 500 500 1000 б) В поперечной плоскости 0,010 0,015 0,020 0,020 0,030 на длине L в мм 150 300 500 500 1000 Проверка производится при установлении стойки или стола в среднее и крайние положения по направляющим станины (допускается наклон стойки в продольной плоскости станка только в сторону оправки)				
Примечание. Оправка устанавливается в отверстии стола или на регулировочном фланце, укрепленном на столе					

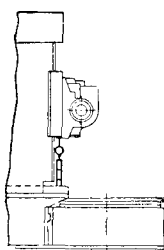
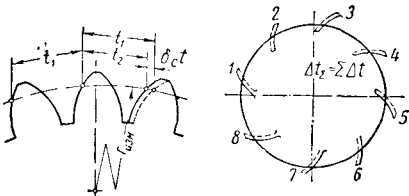
Продолжение табл. 32

Объект проверки	Допуск в мм для станков с наибольшим диаметром обрабатываемого изделия в мм				
	до 125	св. 125 до 320	св. 320 до 800	св. 800 до 2000	св. 2000 до 5000
 <p>7. Пересечение оси поворота суппорта с осью стола</p>	— — — 0,15 0,20				
Примечание. Проверка распространяется на станки с накладными головками					
 <p>8. Радиальное биение оправки, установленной в коническом отверстии шпинделя фрезы</p>	а) У торца шпинделя 0,006 0,008 0,010 0,012 0,015 б) на длине L 0,010 0,012 0,015 0,020 0,025 при длине L , равной 150 мм при длине L , равной 300 мм				
<p>9. Осевое биение шпинделя фрезы</p> 	0,004 0,006 0,008 0,010 0,012				
<p>10. Соосность оси подшипника, поддерживающего конец фрезерной оправки, с осью шпинделя фрезы</p>  <p>Поддержка Контрольная оправка Шпиндель фрезы Контрольная втулка 1 Контрольная втулка 2</p>	0,010 0,015 0,020 0,030 0,040				

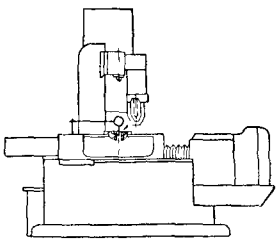
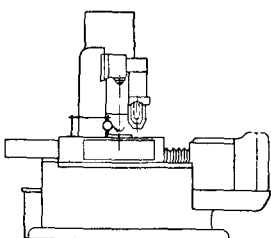
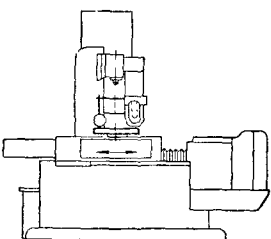
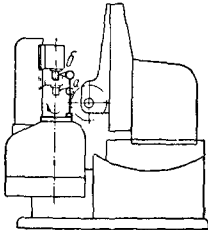
Продолжение табл. 32

Объект проверки	Допуск в мм для станков с наибольшим диаметром обрабатываемого изделия в мм				
	до 125	св. 125 до 320	св. 320 до 800	св. 800 до 2000	св. 2000 до 5000
 <p>11. Параллельность оправки, установленной в отверстия шпинделя фрезы тангенциального суппорта, перемещению салазок в горизонтальной (а) и в вертикальной (б) плоскостях</p>	0,010 0,012 на длине 150 мм		0,020 0,025 0,030 на длине 300 мм		
 <p>12. Совпадение оси подшипника кронштейна, поддерживающего конец оправки для изделия, с осью вращения стола</p>	а) При нижнем положении кронштейна 0,008 0,010 0,015 0,020 0,025 б) при верхнем положении кронштейна 0,010 0,015 0,020 0,030 0,040				
13. Точность цепи обката	Погрешность на один оборот червяка в сек. 40 25 16 10 6 Накопленная погрешность в сек. 160 100 65 40 25				
					
Примечание. При отсутствии приборов для проверки цепи обката проверка производится по методу проверки 16					

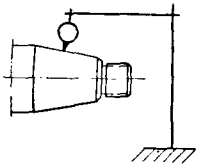
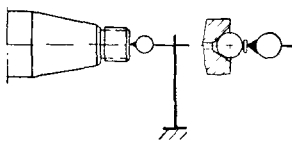
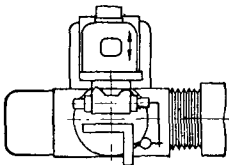
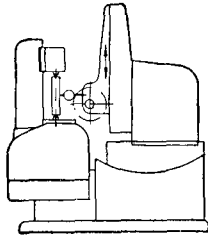

Продолжение табл. 32

Объект проверки		Допуск в мм для станков с наибольшим диаметром обрабатываемого изделия в мм				
		до 125	св. 125 до 320	св. 320 до 800	св. 800 до 2000	св. 2000 до 3000
	14. Равномерность перемещения суппорта	Накопленная погрешность на длине перемещения: до 25 мм — 0,015, до 100 мм — 0,020, до 300 мм — 0,030, до 1000 мм — 0,050				
Примечание. Проверку равномерности перемещения суппорта допускается производить другими методами						
Проверка станка в работе						
15. Предельная разность соседних окружных шагов колеса, нарезанного на станке по методу обкатки $\delta_c t$	65 40 25 16 10 секунд					
						
16. Предельная накопленная погрешность окружного шага колеса, нарезанного на станке по методу обкатки δt_{Σ}	250 160 100 65 40 секунд					
<p>Примечания к проверкам 15 и 16: 1. Для выполнения данных проверок на испытываемом станке нарезается при чистовом режиме резания прямозубое колесо. Наружный диаметр этого колеса выбирается в соответствии с наибольшим диаметром обрабатываемого колеса. $D_{нарез} = \left(1 + \frac{1}{2}\right) D_{наиб. обраб.}$. Число зубьев колеса не должно быть равным и кратным числу зубьев делительного колеса. Материал нарезаемого колеса чугун или сталь. t_1, t_2 — окружные шаги, Δt_{Σ} — накопленная погрешность окружного шага.</p> <p>2. Проверка 16 производится при отсутствии приборов для проверки цепи обката.</p>						

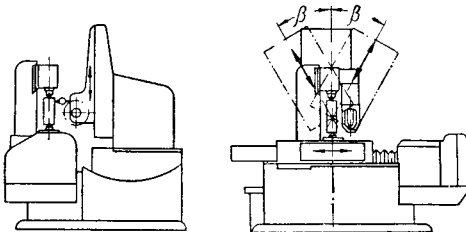
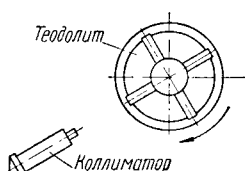
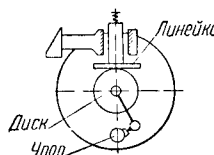
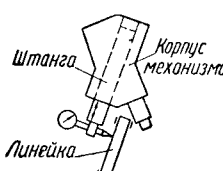
Продолжение табл. 33

Объект проверки	Допуск в мм для станков с наибольшим диаметром обрабатываемого изделия в мм		
	до 320	св. 320 до 800	св. 800 до 2000
 <p>2. Радиальное биение отверстия центральной втулки стола</p>	0,008	0,010	0,015
 <p>3. Торцовое биение рабочей поверхности стола</p>	0,010	0,015	0,020 на наибольшем диаметре рабочей поверхности стола
 <p>4. Параллельность рабочей поверхности стола его продольному перемещению</p>	0,010	0,015	0,020 на длине хода стола
 <p>5. Совпадение оси отверстия контрподдержки с осью вращения стола</p>	<p>а) В нижнем положении контрподдержки</p> <p>0,010 0,015 0,020</p> <p>б) В верхнем положении контрподдержки</p> <p>0,015 0,020 0,030</p>		

Продолжение табл. 33

Объект проверки	Допуск в мм для станков с наибольшим диаметром обрабатываемого изделия в мм		
	до 320	св. 320 до 800	св. 800 до 2000
 <p>6. Радиальное биение шпинделя шлифовального круга</p>	0,005	0,007	0,010
 <p>7. Осевое биение шпинделя шлифовального круга</p>	0,004	0,005	0,007
 <p>8. Перпендикулярность поперечного перемещения шлифовальной бабки к продольному перемещению стола</p>	0,020 100 мм	0,030 на длине 200 мм	0,040 300 мм
<p>9. Параллельность перемещения ползуна шлифовального круга оси центров стола и контриподдержки</p>  	<p>а) В плоскости, перпендикулярной к оси шпинделя шлифовального круга</p> <p>0,007 0,010 0,020</p> <p>на длине</p> <p>100 мм 150 мм 300 мм</p> <p>(допускается отклонение верхнего конца направляющих ползуна только в сторону стола);</p> <p>б) в вертикальной плоскости, параллельной оси шпинделя шлифовального круга</p> <p>0,005 0,007 0,015</p> <p>на длине</p> <p>100 мм 150 мм 300 мм</p> <p>Примечание. Центр подоправку должен быть выверен (установлен) с точностью</p> <p>0,003 0,005 0,007</p>		

Продолжение табл. 33

Объект проверки	Допуск в мм для станков с наибольшим диаметром обрабатываемого изделия в мм		
	до 320	св. 320 до 800	св. 800 до 1000
10. Параллельность перемещения ползуна шлифовального круга относительно плоскости, параллельной направлению перемещения стола и проходящей через ось центров стола и контрподдержки, при наклоне поворотной части ползуна поочередно в левое и правое крайние положения	0,010 0,015 0,025 на длине перемещения ползуна 100 мм 150 мм 300 мм (допускается отклонение верхнего конца направляющих ползуна только в сторону стола)		
			
 11. Точность цепи деления	а) Погрешность при повороте на один зуб, в сек. 16 12 10 8 6 5 б) накопленная погрешность при повороте на 360°, в сек. 32 25 20 16 12 10		
Примечание. При отсутствии приборов для проверки цепи деления проверка производится по методу проверки 14			
 12. Точность цепи обката	0,007 0,010 0,015		
Примечание. Диск укрепляется на оправке, расположенной по центру стола, линейка — параллельно ходу стола, упор — на столе.			
 13. Прямолинейность перемещения штанг для алмазодержателя механизма правки	0,001 на длине перемещения штанг		
Примечания. 1. Проверка производится при сборке станка. Результаты испытаний записываются в акт технических испытаний станка. 2. Линейка установлена параллельно ходу штанги.			

Продолжение табл. 33

Объект проверки	Допуск для станков с наибольшим диаметром обрабатываемого изделия в сек.						
	до 200	св. 200 до 320	св. 320 до 500	св. 500 до 800	св. 800 до 1250	св. 1250 до 2000	
<i>Проверка станка в работе</i>							
14. Предельная разность соседних окружных шагов	20	16	12	10	8	6	
15. Предельная накопленная погрешность окружного шага	50	40	32	25	20	16	

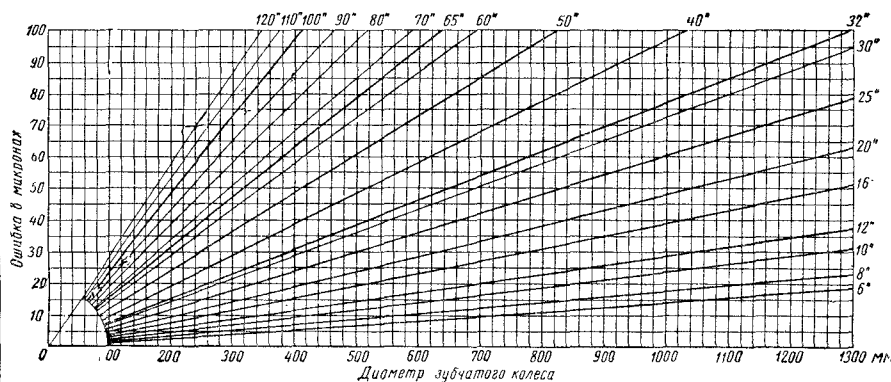


График перевода ошибок в секундах в микроны

Примечание. На станке, подлежащем проверке, шлифуется образец — стальное закаленное прямозубое колесо шириной 40 мм и твердостью $R_C = 45 \div 50$. Диаметр образца выбирается в соответствии с наибольшим диаметром обрабатываемого на станке колеса. $D_{обр} = (1/2 \div 1) D$ наибольшего обрабатываемого колеса.

При использовании делительного колеса в механизме деления число зубьев обрабатываемого колеса не должно быть равным или кратным числу зубьев делительного колеса.

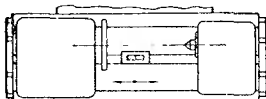

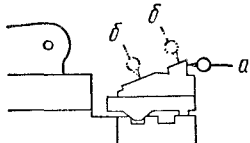
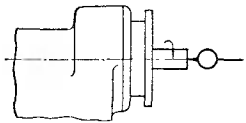
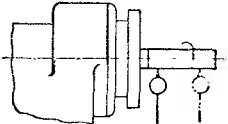
Число зубьев z_K обрабатываемого колеса рекомендуется определять по следующей формуле:

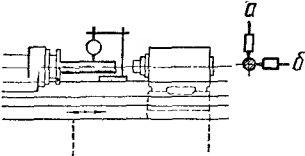
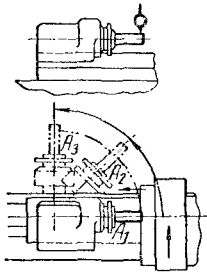
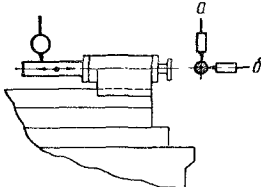
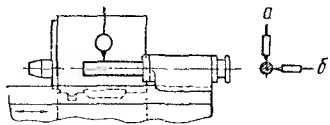
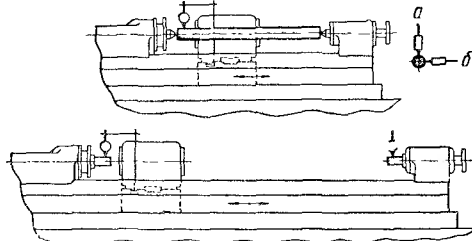
$$z_K \approx \frac{2 z_D}{z_4 n} \pm (1 \div 2),$$

где z_D — число зубьев делительного колеса; z_4 — число заходов делительного червяка; n — нечетное число.

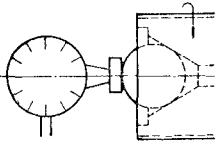
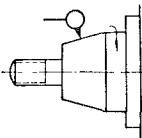
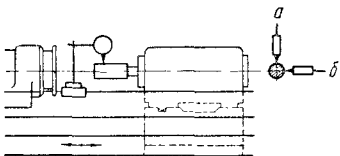
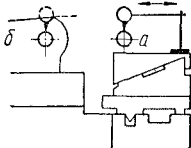
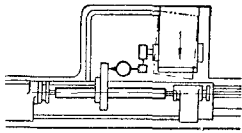
34. Станки круглошлифовальные общего назначения универсальные с наибольшим диаметром устанавливаемого изделия до 560 мм и станки неуниверсальные с наибольшим диаметром устанавливаемого изделия до 800 мм (ГОСТ 1430-56)

Точность установки станка перед проверкой: в продольном направлении $\frac{0,02}{1000}$; в поперечном направлении $\frac{0,04}{1000}$

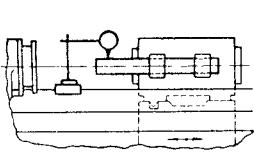
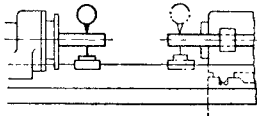
Объект проверки		Допуск в мм для станков с наибольшим диаметром устанавливаемого изделия в мм		
		до 200	св. 200 до 400	св. 400 до 800
Проверка точности станка				
	1. Прямолинейность перемещения стола, проверяемая в вертикальной плоскости	На 1 м хода стола $\pm \frac{0,04}{1000}$ (выпуклость) или $\pm \frac{0,02}{1000}$ (вогнутость); на всей длине хода стола до 8 м вкл. $\pm \frac{0,06}{1000}$ (выпуклость) или $\pm \frac{0,03}{1000}$ (вогнутость)		
	2. Перекосы стола при его перемещении	На 1 м хода стола $\pm \frac{0,04}{1000}$; на всей длине хода стола: до 2 м вкл. $\pm \frac{0,04}{1000}$; до 4 м вкл. $\pm \frac{0,05}{1000}$; до 8 м вкл. $\pm \frac{0,06}{1000}$		
	3. Параллельность направляющих для передней и задней бабок направлению движения стола: а) в горизонтальной плоскости б) в вертикальной и наклонной плоскостях	На 1 м хода стола — 0,02; на всей длине хода стола: до 2 м вкл. — 0,02; до 4 м вкл. — 0,03; до 8 м вкл. — 0,04		
Примечание. Верхний стол выверяют по концам боковой направляющей <i>a</i> в нулевое положение				
	4. Осевое биение шпинделя передней бабки (для универсальных станков)	0,01		
	5. Радиальное биение оправки, установленной в коническом отверстии шпинделя передней бабки (для универсальных станков)	а) у торца шпинделя 0,007 0,01 0,01 б) 0,015 0,02 0,02 на расстоянии 300 мм от конца шпинделя		

Объект проверки	Допуск в мм для станков с наибольшим диаметром устанавливаемого изделия в мм		
	до 200	св. 200 до 400	св. 400 до 800
 <p>6. Параллельность оси шпинделя передней бабки перемещению стола</p>	<p>а) В вертикальной плоскости 0,02 на длине 300 мм (свободный конец оправки может отклоняться только вверх);</p> <p>б) в горизонтальной плоскости 0,01 0,02 0,02 на длине 300 мм (свободный конец оправки может отклоняться только к шлифовальному кругу)</p>		
 <p>7. Ось шпинделя передней бабки должна быть на одной и той же высоте при повороте передней бабки вокруг вертикальной оси для универсальных станков</p>	<p>0,015 0,02 на расстоянии 100 мм от конца шпинделя</p>		
 <p>8. Совпадение оси оправки, установленной в коническом отверстии пиноли, с направлением перемещения пиноли</p>	<p>а) В вертикальной плоскости 0,01 на длине до 100 мм (свободный конец оправки может отклоняться только вверх);</p> <p>б) в горизонтальной плоскости 0,005 0,007 0,01 на длине до 100 мм (свободный конец оправки может отклоняться только к шлифовальному кругу)</p>		
 <p>9. Параллельность оси оправки, укрепленной в коническом отверстии пиноли, перемещению стола</p>	<p>а) В вертикальной плоскости 0,02 на длине 300 мм (свободный конец оправки может отклоняться только вверх);</p> <p>б) в горизонтальной плоскости 0,01 0,02 на длине 300 мм (свободный конец оправки может отклоняться только к шлифовальному кругу)</p>		
 <p>10. Параллельность оси, проходящей через центр передней и задней бабки, перемещению стола</p>	<p>а) В вертикальной плоскости 0,02 0,03 0,04 (ось отверстия пиноли задней бабки может быть только выше оси отверстия шпинделя передней бабки);</p> <p>б) в горизонтальной плоскости на 1 м хода стола — 0,01; на всей длине хода стола: до 2 м — 0,015; до 4 м — 0,020; до 8 м — 0,025</p>		

Продолжение табл. 34

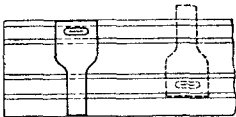
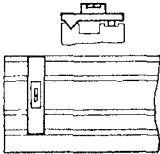
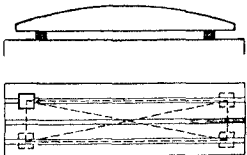
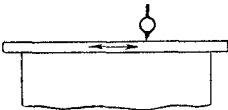
Объект проверки	Допуск в мм для станков с наибольшим диаметром устанавливаемого изделия в мм		
	до 200	св. 200 до 400	св. 400 до 800
 <p>11. Осевое биение шлифовального шпинделя</p>	0,01		
 <p>12. Радиальное биение конуса шлифовального шпинделя</p>	0,005	0,007	0,010
 <p>13. Параллельность оси шлифовального шпинделя направлению движения стола</p>	<p>а) В вертикальной плоскости, 0,01 на длине до 100 мм (свободный конец оправки может отклоняться только вверх);</p> <p>б) в горизонтальной плоскости, 0,01 на длине до 100 мм (свободный конец оправки может отклоняться только к столу)</p>		
 <p>14. Оси шпинделей шлифовального и передней бабки должны быть на одной высоте (положение а и б)</p>	0,2	0,3	0,4
 <p>15. Перпендикулярность перемещения шлифовальной бабки к оси центров передней и задней бабок</p>	0,01 на длине перемещения шлифовальной бабки (отклонение допускается только в сторону передней бабки при перемещении шлифовальной бабки к линии центров)		

Продолжение табл. 34

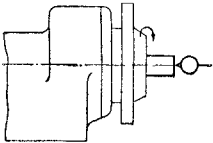
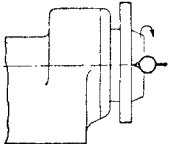
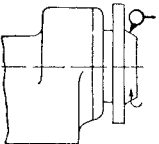
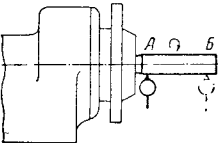
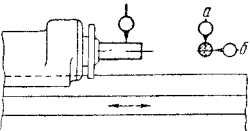
Объект проверки	Допуск в мм для станков с наибольшим диаметром устанавливаемого изделия в мм																	
	до 200	св. 200 до 400	св. 400 до 800															
 <p>16. Параллельность оси шпинделя для внутренней шлифовки направлению движения стола (для универсальных станков)</p>	а) В вертикальной плоскости 0,01 на длине 100 мм (свободный конец оправки может отклоняться только вверх); б) в горизонтальной плоскости 0,01 на длине 100 мм (свободный конец оправки может отклоняться только к шлифовальной бабке)																	
 <p>17. Оси шпинделей для внутреннего шлифования и передней бабки у универсальных станков должны быть на одной высоте</p>	0,02																	
Проверка станка в работе																		
18. Точность геометрической формы цилиндрической поверхности вала после его чистового шлифования на станке	<table><tr><td colspan="3">Овальность</td></tr><tr><td>0,004</td><td>0,005</td><td>0,007</td></tr><tr><td colspan="3">Конусность, бочкообразность, вогнутость</td></tr><tr><td>0,007</td><td>0,010</td><td>0,015</td></tr><tr><td>на длине до 500 мм</td><td>на длине до 1000 мм</td><td>на всей длине</td></tr></table>			Овальность			0,004	0,005	0,007	Конусность, бочкообразность, вогнутость			0,007	0,010	0,015	на длине до 500 мм	на длине до 1000 мм	на всей длине
Овальность																		
0,004	0,005	0,007																
Конусность, бочкообразность, вогнутость																		
0,007	0,010	0,015																
на длине до 500 мм	на длине до 1000 мм	на всей длине																
Примечание. Диаметр шлифуемого валика должен быть не менее $\frac{1}{3}$ наибольшего диаметра устанавливаемого на станке изделия; длина должна быть равна 10 диаметрам. Шлифование производится в центрах (без люнета)																		
19. Точность геометрической формы прошлифованного на станке отверстия (для универсальных станков)	<table><tr><td colspan="3">Овальность</td></tr><tr><td>0,004</td><td>0,005</td><td>0,007</td></tr></table>			Овальность			0,004	0,005	0,007									
Овальность																		
0,004	0,005	0,007																
Примечание. Отверстие шлифуется во втулке, закрепленной в патроне (без люнета). Диаметр отверстия образца должен быть равен $\frac{1}{2}$ наибольшего диаметра отверстия, шлифуемого на станке, длина — наибольшей длине шлифуемого отверстия, но не более 200 мм																		

35. Станки внутришлифовальные с наибольшим диаметром шлифуемого отверстия 500 мм
(ГОСТ 25-40)

Точность установки станка перед проверкой в продольном направлении $\frac{0,02}{1000}$, в поперечном направлении $\frac{0,01}{1000}$

Объект проверки	Допуск в мм
<p style="text-align: center;"><i>Проверка точности станка</i></p> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div> <p>1. Прямолинейность направляющих станины в вертикальной плоскости</p> <p>1а. Прямолинейность продольных направляющих станины длиной свыше 2500 мм в горизонтальной плоскости</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>$\frac{0,02}{1000}$</p> <p>0,01 на длине 1000 мм</p> </div> </div> <p>Примечание. Проверки 1 и 1а производятся на заводе-изготовителе в процессе сборки станка. Результат проверки заносится в акт технических испытаний станка</p>	
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div> <p>2. Параллельность направляющих станины (отсутствие извернутости)</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>$\frac{0,03}{1000}$</p> </div> </div> <p>Примечание. Данная проверка производится на заводе-изготовителе в процессе сборки станка. Результат проверки заносится в акт технических испытаний станка</p>	
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div> <p>3. Плоскостность обработанной поверхности стола</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>$\frac{0,02}{1000}$ мм (допускается отклонение только в сторону вогнутости)</p> </div> </div>	
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div> <p>4. Параллельность верхней обработанной поверхности стола направлению его движения</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>$\frac{0,02}{1000}$ мм</p> </div> </div> <p>Примечание. Данная проверка производится на заводе-изготовителе в процессе сборки станка. Результат проверки заносится в акт технических испытаний станка.</p>	

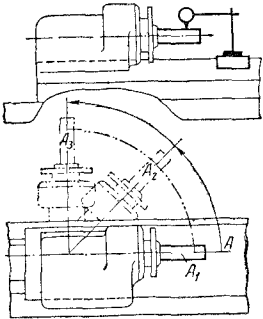

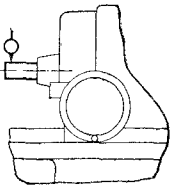

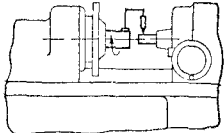
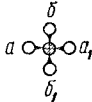
Продолжение табл. 35

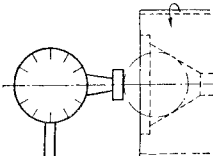
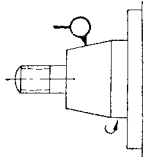
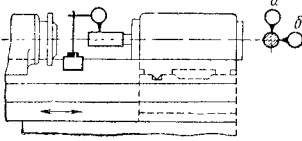
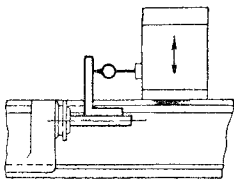
Объект проверки	Допуск в мм
 <p>5. Осевое биение шпинделя патронной бабки</p>	0,01
 <p>6. Перпендикулярность торцевой поверхности буртика шпинделя патронной бабки к оси вращения шпинделя</p>	0,005 на диаметре 200 мм
 <p>7. Радиальное биение центрирующей шейки шпинделя патронной бабки</p>	0,01
 <p>8. Радиальное биение оправки, установленной в коническом отверстии шпинделя патронной бабки</p>	0,01 у торца шпинделя (А), 0,02 на расстоянии 300 мм от торца шпинделя (Б)
 <p>9. Параллельность оправки, установленной в отверстие шпинделя патронной бабки (или по оси его вращения), движению стола</p>	<p>а) В вертикальной плоскости 0,02 на длине 300 мм (свободный конец оправки может отклоняться только вверх);</p> <p>б) в горизонтальной плоскости 0,01 на длине 300 мм (свободный конец оправки может отклоняться только в направлении, противоположном давлению шлифовального круга)</p>

Примечания: 1. Станки с поворотной патронной бабкой подлежат проверке только по разделу а (в вертикальной плоскости) с предварительной установкой бабки по лимбу на ноль.

2. При проверке станков, не имеющих калиброванного отверстия в шпинделе, оправка насаживается на центрирующую шейку шпинделя.

Продолжение табл. 35

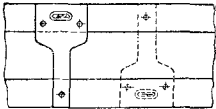
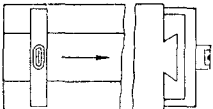


Объект проверки	Допуск в мм
<p>10. Горизонтальность оси оправки (А), установленной в отверстии шпинделя патронной бабки, при повороте ее в разные положения (A_1, A_2, A_3)</p> 	<p>0,02 на длине 100 мм (свободный конец оправки может отклоняться только вверх)</p>
<p>Примечание. Проверка относится к станкам с поворотной патронной бабкой</p>	
 <p>11. Параллельность направляющих для шлифовальной головки направлению продольного движения стола</p>	<p>0,01 на 100 мм</p>
 <p>12. Параллельность оправки, установленной в отверстии шлифовальной головки (или по оси шпинделя), движению стола</p> 	<p>а) В вертикальной плоскости 0,01 на длине 100 мм (свободный конец оправки может отклоняться только вниз); б) в горизонтальной плоскости 0,01 на длине 100 мм (свободный конец оправки может отклоняться только в сторону, противоположную давлению на шлифовальный круг)</p>
<p>Примечание. Данная проверка распространяется на все головки, поставляемые со станком</p>	
<p>13. Соосность оси отверстия шлифовальной головки с осью шпинделя патронной бабки в направлениях $a - a_1$ и $b - b_1$</p>  	<p>0,02 на длине 150 мм от конца шлифовальной бабки для станков с поворотной бабкой; 0,01 для станков с неповоротной бабкой</p>
<p>Примечания: 1. Данная проверка распространяется на все головки, поставляемые со станком. 2. Прилагаемые к станку шлифовальные шпиндели должны иметь паспорта приемки на точность (ОТК завода-изготовителя шпинделей).</p>	

Объект проверки	Допуск в мм
 <p>14. Осевое биение шпинделя для торцового шлифования (для станков с приспособлением для торцового шлифования)</p>	0,01
 <p>15. Радиальное биение конуса шпинделя для торцового шлифования (для станков с приспособлением для торцовой шлифовки)</p>	0,01
<p>16. Параллельность оправки, надетой на конец шпинделя для торцовой шлифовки, движению стола (для станков с приспособлением для торцового шлифования)</p>  <p>а б</p>	<p>а) В вертикальной плоскости 0,01 на длине 100 мм (свободный конец оправки может отклоняться только вверх); б) в горизонтальной плоскости 0,01 на длине 100 мм</p>
 <p>17. Перпендикулярность направления перемещения головки для торцового шлифования к оси шпинделя патронной бабки (для станков с приспособлением для торцовой шлифовки)</p>	0,01 на длине перемещения (отклонение допускается только в сторону патронной бабки)
<p style="text-align: center;"><i>Проверка станка в работе</i></p>	
18. Цилиндричность отверстия, прошлифованного на станке	Овальность 0,005; конусность 0,01 на длине 200 мм
19. Плоскость	0,01 на диаметре 200 мм (отклонение допускается только в сторону вогнутости)

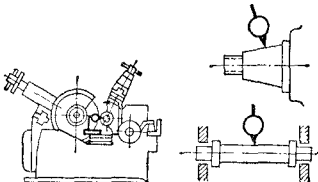
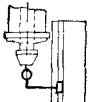
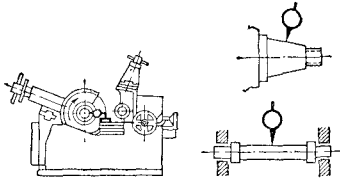
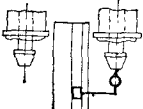
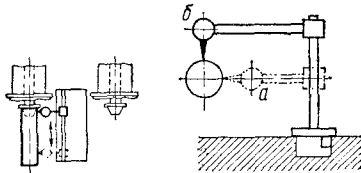
Продолжение табл. 35

Объект проверки	Допуск в мм
20. Перпендикулярность торцевой поверхности, шлифованной на станке, к оси отверстия	0,01 на диаметре 200 мм
<p>Примечания к проверкам 18—20: 1. Станки с поворотной патронной бабкой проверяются после установки бабки в положение для шлифования цилиндрических отверстий.</p> <p>2. На станках, не снабженных приспособлением для торцового шлифования, шлифуется отверстие в стальной втулке, зажатой в патроне без люнета.</p> <p>Диаметр отверстия берется равным половине наибольшего диаметра шлифования на проверяемом станке, а длина — наибольшей длине шлифования, но не более 200 мм.</p> <p>3. На станках, снабженных приспособлением для торцового шлифования, шлифуются с одного установка отверстие и торец стальной втулки, зажатой в патроне без люнета.</p> <p>Наружный диаметр втулки берется равным наибольшему зажимаемому на станке диаметру. Диаметр и длина отверстия берутся, как указано выше в примечании 2.</p>	

36. Станки круглошлифовальные бесцентровые с наибольшим диаметром шлифования до 800 мм (ГОСТ 4694-49)

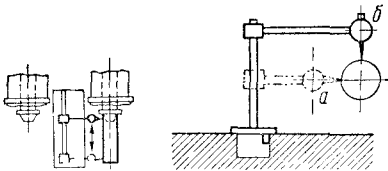
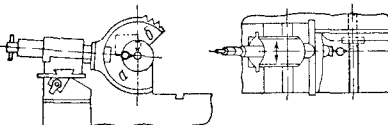
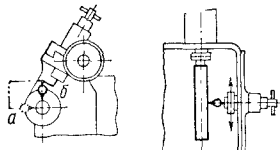
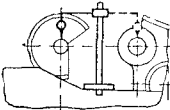
Объект проверки	Допуск в мм
<p><i>Проверка точности станка</i></p>	
	<p>1. Прямолинейность направляющих станины или направляющих поворотной плиты</p> <p>0,02 1000 (допускается отклонение только в сторону выпуклости)</p>
	<p>2. Параллельность направляющих станины или направляющих поворотной плиты (отсутствие извернутости направляющих)</p> <p>0,02 1000</p>
	<p>3. Прямолинейность направляющих салазок, предназначенных для бабки ведущего круга (для станков с неподвижной бабкой шлифовального круга)</p> <p>0,02 1000 (допускается отклонение только в сторону выпуклости)</p>
	<p>4. Параллельность направляющих салазок (отсутствие извернутости направляющих) для стоек с неподвижной бабкой шлифовального круга</p> <p>0,02 1000</p>

Продолжение табл. 36

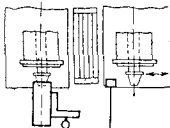
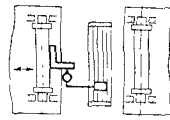
Объект проверки	Допуск в м.м
<p>5. Радиальное биение шпинделя шлифовального круга</p> 	0,01
 <p>6. Осевое биение шпинделя шлифовального круга</p>	0,01
<p>7. Радиальное биение шпинделя ведущего круга</p> 	0,01
 <p>8. Осевое биение шпинделя ведущего круга</p>	0,01
<p>9. Параллельность оси шпинделя шлифовального круга боковым граням лаза салазок или стола и верхней их поверхности</p> 	<p>а) В горизонтальной плоскости — 0,02 на длине, равной ширине круга *;</p> <p>б) в вертикальной плоскости — 0,02 на длине, равной ширине круга *</p>

* Наибольшая ширина круга, предусмотренная паспортом станка.

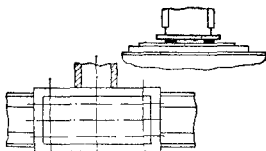
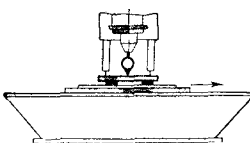
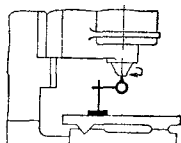
Продолжение табл. 36

Объект проверки	Допуск в мм
<p>10. Параллельность оси шпинделя ведущего круга боковым гра- ням паза салазок или стола и верхней их поверхности</p>  <p>Примечание. Поворотная часть бабки ведущего круга устанавливается на полъ</p>	<p>а) В горизонтальной плоско- сти — 0,02 на длине, равной ширине круга *; б) в вертикальной плоскости — 0,02 на длине, равной ши- рине круга *</p>
<p>11. Параллельность осей шпинделя шлифовального круга и шпинделя ведущего круга</p>	<p>а) В горизонтальной плоско- сти 0,02 на длине, равной ши- рине круга *; б) в вертикальной плоскости 0,02 на длине, равной ши- рине круга *</p>
<p>12. Параллельность оси шпинделя шлифовального круга напра- влению продольного перемещения прибора для правки шлифоваль- ного круга</p> 	<p>а) В горизонтальной плоско- сти 0,02 на длине, равной ши- рине круга б) в вертикальной плоско- сти 0,05 на длине, равной ши- рине круга *</p>
<p>13. Параллельность оси шпинделя ведущего круга продольному перемещению прибора для правки ведущего круга</p> 	<p>а) В горизонтальной плоско- сти 0,02 на длине, равной ши- рине круга *; б) в вертикальной плоскости 0,05 на длине, равной ширине круга *</p>
 <p>14. Равенство высот осей шпинделя шли- фовального круга и шпинделя ведущего круга</p>	<p>0,4</p>
<p>Примечание. Если диаметр цилиндрической поверхности одного из шпинделей или план- шайб меньше, чем другого шпинделя или другой планшайбы, то на меньший шпиндель или мень- шую планшайбу надевают кольцо, наружный диаметр которого равен диаметру большего шпин- деля или большей планшайбы</p> <p>* Наибольшая ширина круга, предусмотренная паспортом станка.</p>	

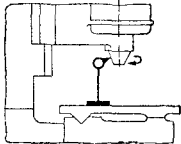
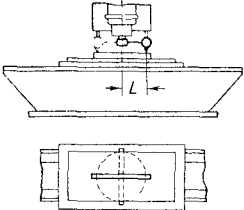
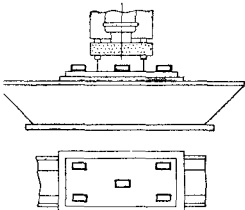
Продолжение табл. 36

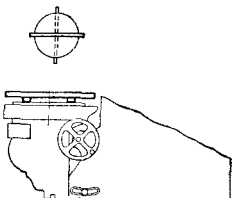
Объект проверки	Допуск в мм
 <p>15. Перпендикулярность перемещения каретки к оси шпинделя шлифовального круга для станков без поворотной плиты с неподвижной бабкой шлифовального круга</p>	0,03 на длине 100 мм
 <p>16. Перпендикулярность перемещения бабки шлифовального круга к оси шпинделя шлифовального круга для станков с подвижной бабкой шлифовального круга</p>	0,03 на длине 100 мм
<i>Проверка станка в работе</i>	
17. Цилиндричность валиков, отшлифованных на стаках	Овальность 0,005; огранка — 0,002; конусность 0,005 на длине 100 мм или по требованию потребителя 0,005 мм на длине 200 мм
<p>Примечание. Шлифуют 10 валиков длиной 200 мм, диаметром, равным половине наибольшего диаметра шлифования, но не более 60 мм. Пять валиков шлифуют с продольной подачей и пять валиков с поперечной подачей, если имеется механизм врезания.</p>	

37. Станки плоскошлифовальные с вертикальным шпинделем и прямоугольным столом, общего назначения (ГОСТ 11-40)

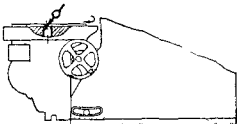
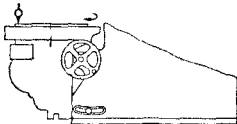
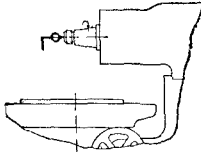
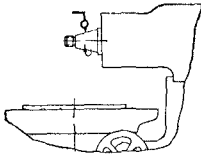
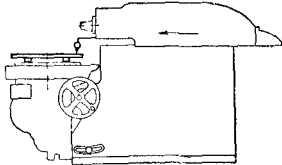
Объект проверки	Допуск в мм
<i>Проверка точности станка</i>	
 <p>1. Плоскостность рабочей поверхности стола</p>	0,02 на длине 1000 мм (допускается отклонение только в сторону вогнутости)
 <p>2. Параллельность рабочей поверхности стола направлению его продольного перемещения</p>	0,02 на длине 1000 мм
 <p>3. Осевое биение шпинделя</p>	0,01

Продолжение табл. 37

Объект проверки	Допуск в мм
 <p>4. Радиальное биеение шпинделя</p>	0,015
 <p>5. Перпендикулярность оси шпинделя к поверхности стола при крайних и средних положениях шлифовальной бабки по высоте</p>	<p>а) В плоскости, параллельной продольной оси стола, 0,01 на 300 мм;</p> <p>б) в плоскости, перпендикулярной к этой оси, 0,01 на длине 300 мм (допускается отклонение только в сторону колонны)</p>
<p><i>Проверка станка в работе</i></p>  <p>6. Параллельность поверхности изделия после чистового шлифования на станке опорной поверхности</p>	
<p>Примечание. Предназначенные для обработки на данном станке четыре образца или детали устанавливаются по углам стола, а один образец или деталь — в центре. Опорные поверхности образцов или деталей должны быть до установки их на столе тщательно отшлифованы</p>	
<p>38. Станки плоскошлифовальные с горизонтальным шпинделем и круглым столом диаметром до 750 мм. общего назначения (ГОСТ 14-40)</p>	

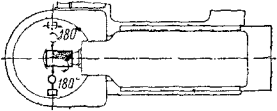
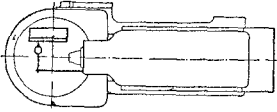
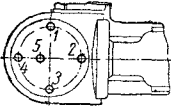
Объект проверки	Допуск в мм
<p><i>Проверка точности станка</i></p>  <p>1. Плоскостность рабочей поверхности стола</p>	
<p>0,02 на длине 1000 мм (допускается отклонение только в сторону вогнутости)</p>	

Продолжение табл. 38

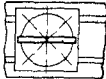
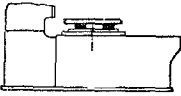
Объект проверки	Допуск в мм
 <p>2. Радиальное биение центрирующего отверстия стола</p>	0,02
 <p>3. Осевое биение рабочей поверхности стола</p>	0,01 на любой точке поверхности стола
 <p>4. Осевое биение шлифовального шпинделя</p>	0,015
 <p>5. Радиальное биение шлифовального шпинделя</p>	0,015
 <p>6. Параллельность движения ползуна рабочей поверхности стола при различных положениях последнего по высоте</p>	0,01 на длине 500 мм (допускается наклон только к столу)

Примечание. Настоящая проверка не распространяется на станки, имеющие наклоняемый стол (или ползун), т. е. станки, предназначенные для шлифования конусных поверхностей

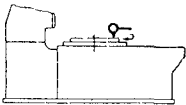
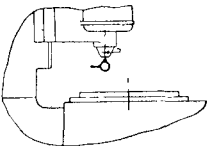
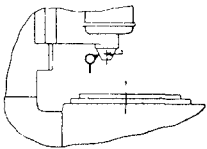
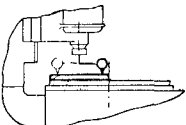
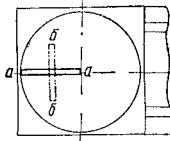
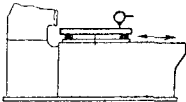
Продолжение табл. 38

Объект проверки	Допуск в мм
 <p>7. Пересечение оси шлифовального шпинделя с осью вращения стола</p>	0,10
 <p>8. Пересечение оси шлифовального шпинделя с осью вращения стола при его наклонном положении</p>	0,05
<p><i>Проверка станка в работе</i></p>  <p>9. Параллельность поверхности изделия после чистового шлифования его опорной поверхности</p> <p>Примечания: 1. Для выполнения проверки 9 четыре образца или детали, предназначенные для обработки на данном станке, устанавливаются на столе станка в положениях 1, 2, 3 и 4 возможно ближе к его периферии на равных расстояниях один от другого, а один образец или деталь в положении 5 возможно ближе к центру. Опорные поверхности образцов или деталей должны быть до установки их на столе тщательно отшлифованы. 2. При проверке станков с наклоняемым столом (или ползуном) последний должен быть установлен в положение для шлифования плоских изделий. Допуск на установку принимается согласно проверке 6</p>	

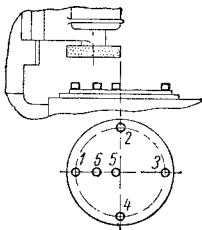
39. Станки плоскошлифовальные с вертикальным шпинделем и круглым столом диаметром до 1500 мм, общего назначения (ГОСТ 27-40)

Объект проверки	Допуск в мм
<p><i>Проверка точности станка</i></p>   <p>1. Плоскостность рабочей поверхности стола</p>	
	0,02 на длине 1000 мм (допускается отклонение только в сторону вогнутости)

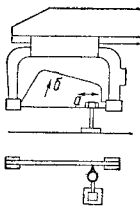
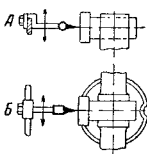
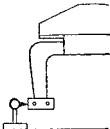
Продолжение табл. 39

Объект проверки	Допуск в мм
 <p>2. Осевое биение рабочей поверхности стола</p>	0,01 у периферии стола
 <p>3. Осевое биение шпинделя шлифовального круга</p>	0,01
 <p>4. Радиальное биение шпинделя шлифовального круга</p>	0,015
  <p>5. Перпендикулярность шпинделя шлифовального круга к рабочей поверхности стола при различных положениях шлифовальной бабки по высоте (а — а и б — б)</p>	<p>а) В продольной плоскости 0,01 на длине 300 мм (нижний конец шпинделя может отклоняться только в сторону колонны);</p> <p>б) в поперечной плоскости 0,015 на длине 300 мм (нижний конец шпинделя может отклоняться только в направлении вращения стола)</p>
<p>Примечание. Настоящая проверка не распространяется на станки с регулируемой в пространстве колонной или шлифовальной бабкой. Если регулировка возможна только в одной плоскости, станок подлежит проверке только по одному разделу (в той плоскости, в которой регулировка невозможна)</p>	
 <p>6. Понижение рабочей поверхности стола при его отводе в крайнее нерабочее положение</p>	От 0,05 до 0,1 на радиусе стола (допускается только подъем в сторону колонны)
<p>Примечание. Настоящая проверка относится к станкам, имеющим передвижной стол</p>	

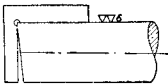
Продолжение табл. 39

Объект проверки	Допуск в мм
<p style="text-align: center;"><i>Проверка станка в работе</i></p>  <p>7. Параллельность поверхности изделия после чистового шлифования на станке опорной поверхности</p>	<p>0,02 на длине 1000 мм</p>
<p>Примечание. Предназначенные для обработки на данном станке четыре образца или детали устанавливаются на столе в положениях 1, 2, 3 и 4 возможно ближе к его периферии, на равных расстояниях один от другого; один образец или деталь в положении 5 — возможно ближе к центру, а один в положении 6 по среднему диаметру стола. Опорные поверхности образцов или деталей до их установки на столе должны быть тщательно отшлифованы</p>	

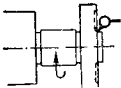
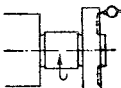
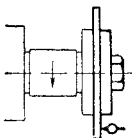
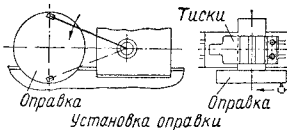

40. Станки ножовочные с направляющим рукавом и габаритом распиловки до 250×250 мм (ГОСТ 15-40)

Объект проверки	Допуск в мм
<p style="text-align: center;"><i>Проверка точности станка</i></p>  <p>1. Движение ножовочного полотна (рабочее и подачи) в одной плоскости</p>	<p>В вертикальной (б) и горизонтальной (а) плоскостях 0,2 на длине 300 мм</p>
 <p>2. Перпендикулярность оси заготовки, зажатой в тисках, к направлению движения ножовочного полотна</p>	<p>В вертикальной (А) и горизонтальной (В) плоскостях 0,15 на длине 150 мм</p>
 <p>3. Величина мертвого хода пильной рамы</p>	<p>0,1</p>

Продолжение табл. 40

Объект проверки	Допуск в мм
<i>Проверка станка в работе</i>	
 <p>4. Перпендикулярность плоскости пропила к оси заготовки</p>	0,3 на длине 100 мм
<p>Примечание. От чисто обточенной заготовки диаметром 120 мм, зажатой в тисках станка, отрезается образец любой длины</p>	

41. Станки для холодной резки металла круглой пилой с наибольшим диаметром диска пилы до 1550 мм (ГОСТ 28-40)

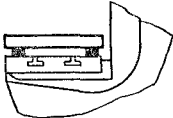
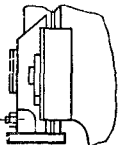
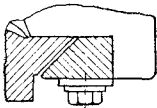
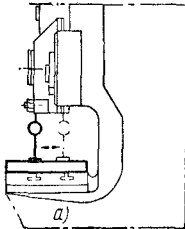
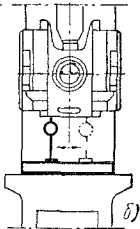
Объект проверки	Допуск в мм
<i>Проверка точности станка</i>	
 <p>1. Радиальное биение шпинделя в месте посадки пилы</p>	0,03
 <p>2. Осевое биение фланца шпинделя</p>	0,03
 <p>3. Перпендикулярность подачи пилы к оси шпинделя</p>	0,03 на длине 100 мм
 <p>Тиски Оправка Установка оправки</p> <p>4. Перпендикулярность оси заготовки, зажатой в тисках, к направлению подачи пилы</p>	0,08 на длине 100 мм
<i>Проверка станка в работе</i>	
 <p>5. Перпендикулярность плоскости среза заготовки к оси последней</p>	0,15 на длине 100 мм
<p>Примечание. Для испытания на перпендикулярность плоскости среза к оси заготовки от обточенной на токарном станке заготовки диаметром от 50 до 200 мм, зажатой в тисках станка, отрезается часть длиной не менее 50 мм</p>	

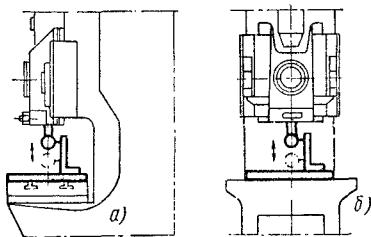
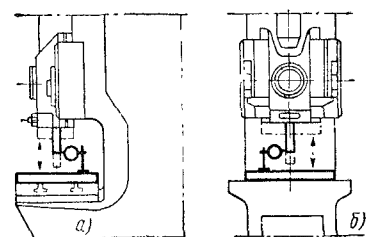
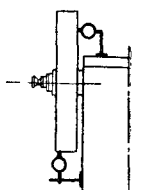
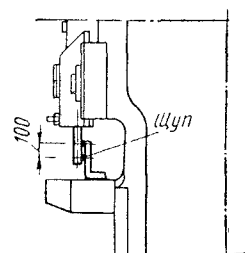
Кузнечно-прессовое оборудование

42. Прессы кривошипные одностоечные с номинальным усилием от 6,3 до 200 т (ГОСТ 5658-51)

При изготовлении подштамповой плиты должны выдерживаться следующие допуски:

- а) на плоскостность верхней и нижней плоскостей 0,02 мм на длине 300 мм (допускается отклонение только в сторону вогнутости);
- б) на параллельность верхней и нижней плоскостей 0,02 мм на длине 300 мм

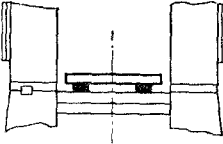
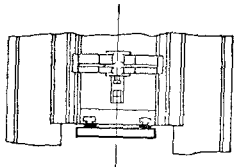
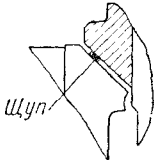
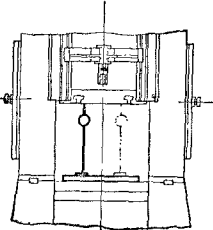
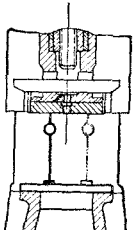
Объект проверки	Допуск в мм	
 <p>1. Плоскостность поверхности стола</p>	0,03 на длине 300 мм (допускается отклонение только в сторону вогнутости)	
 <p>2. Плоскостность нижней поверхности ползуна</p>	0,03 на длине 300 мм (допускается отклонение только в сторону вогнутости)	
<p>Примечание к проверкам 1 и 2: для прессов, используемых на особо точных работах, допуск может быть ужесточен до 0,02 мм на длине 300 мм, что должно быть оговорено в специальных технических условиях</p>		
 <p>3. Зазоры между направляющими ползуна и станины</p>	Расстояние между направляющими до 360 вкл. 0,05 св. 360 0,08	Суммарный зазор в мм наим. наиб. 0,05 0,10 0,08 0,16
<p>Примечание. Суммарная величина зазора складывается из зазора передних и задних направляющих (верхних или нижних)</p>		
4. Параллельность поверхности стола нижней плоскости ползуна	<p>а) В продольной плоскости — 0,03 на длине 200 мм (допускается отклонение передней кромки ползуна только вниз); б) в поперечной плоскости 0,02 на длине 200 мм</p>	
 		
<p>Примечание. В прессах с передвижным столом проверку производить в верхнем закреплённом положении стола</p>		

Объект проверки	Допуск в мм		
5. Перпендикулярность хода ползуна к плоскости стола	а) В продольной плоскости 0,02 на длине 100 мм (допускается отклонение только в сторону станины); б) в поперечной плоскости 0,02 на длине 100 мм		
			
Примечания: 1. В прессах с регулируемым ходом проверку производить при наибольшем ходе ползуна. 2. В прессах с передвижным столом проверку производить в верхнем закрепленном положении стола			
6. Параллельность оси отверстия ползуна ходу ползуна	а) В продольной плоскости 0,02 на длине 100 мм (допускается отклонение нижнего конца оправки только в сторону станины); б) в поперечной плоскости 0,02 на длине 100 мм		
			
Примечание. В прессах с передвижным столом проверку производить в верхнем закрепленном положении стола			
	При диаметре маховика в мм	Радиальное	Торцовое
	до 1000 св. 1000	0,10 0,15	0,50 0,30
7. Биение маховика при вращении			
8. Перпендикулярность оси отверстия ползуна оси рога	0,01 на длине 100 мм (допускается отклонение конца рога только вверх)		
			

43. Прессы однокривошипные закрытые простого действия с номинальными усилиями от 40 до 1600 т (ГОСТ 4745-49)

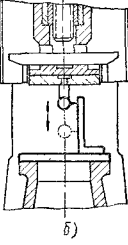
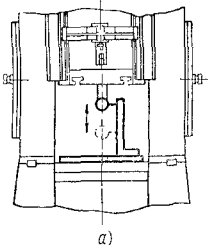
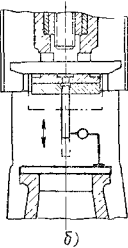
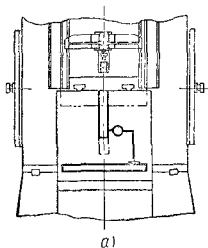
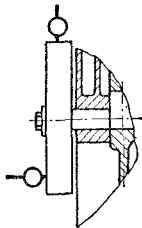
При изготовлении подштамповой плиты должны выдерживаться следующие допуски:

- а) на плоскостность верхней и нижней плоскостей — 0,02 мм на длине 300 мм;
б) на параллельность верхней и нижней плоскостей — 0,02 мм на длине 300 мм

Объект проверки	Допуск в мм		
 <p>1. Плоскостность поверхности стола</p>	0,08 на длине 1000 мм (допускается отклонение только в сторону вогнутости)		
 <p>2. Плоскостность нижней поверхности ползуна</p>	0,08 на длине 1000 мм (допускается отклонение только в сторону вогнутости)		
 <p>3. Зазоры между направляющими ползуна и станины</p>	Расстояние между направляющими в мм	Допуск в мм	
		наим.	наиб.
	До 360 361—500 501—750 751—1000 Св. 1000	0,05 0,06 0,08 0,10 0,15	0,09 0,12 0,16 0,20 0,25
(на обе стороны)			
<p>4. Параллельность поверхности стола нижней плоскости ползуна:</p> <p>а) в продольной плоскости;</p> <p>б) в поперечной плоскости</p>   <p>а) б)</p>		0,04 на длине 300 мм	

Примечание. Замеры производятся вверх и вниз направляющих, одновременно справа и слева

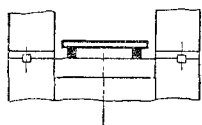
Продолжение табл. 43

Объект проверки		Допуск в мм		
<div><p>5. Перпендикулярность хода ползуна к плоскости стола: а) в продольной плоскости; б) в поперечной плоскости</p></div>		0,04 на длине 150 мм		
<div><p>6. Параллельность оси отверстия ползуна ходу ползуна: а) в продольной плоскости; б) в поперечной плоскости</p></div>		0,05 на длине 200 мм		
<div><p>7. Биеение маховика при вращении</p></div>	Диаметр маховика в мм	Радиальное	Торцовое	
	До 1000	0,1	0,2	
	От 1000			
	До 2000	0,15	0,3	
	Св. 2000	0,2	0,4	

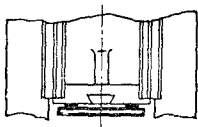

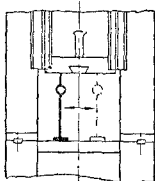
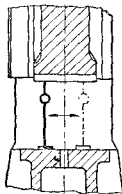
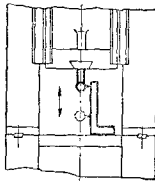
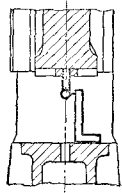
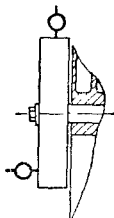
44. Прессы чеканочные кривошипно-коленные с номинальным усилием от 63 до 5150 т (ГОСТ 5793-51)

При изготовлении подштамповой плиты должны выдерживаться следующие допуски:

- а) на плоскостность верхней и нижней плоскостей — 0,06 мм на длине 1000 мм (допускается отклонение только в сторону вогнутости);
б) на параллельность верхней и нижней плоскостей — 0,03 мм на длине 1000 мм

Объект проверки	Допуск в мм	
 <p>1. Плоскостность поверхности стола</p>	0,06 на длине 1000 мм (допускается отклонение только в сторону вогнутости)	

Продолжение табл. 44

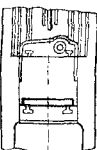
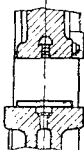
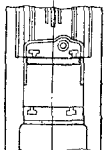
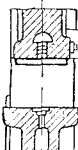
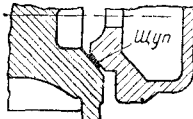
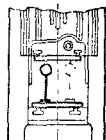
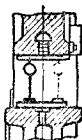
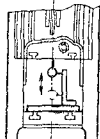
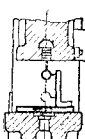
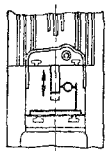
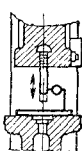
Объект проверки		Допуск в мм		
	2. Плоскостность нижней поверхности ползуна	0,06 на длине 1000 мм (допускается отклонение только в сторону выпуклости)		
	3. Зазоры между направляющими ползуна и станины	Для прессов с номинальным усилием в т	Суммарный зазор в мм	
			наим.	наиб.
		До 160	0,06	0,12
		Св. 160	0,06	0,15
		До 400	0,07	0,17
		Св. 400	0,07	0,20
		До 1000	0,07	0,20
		Св. 1000	0,07	0,20
		До 2000	0,07	0,20
		Св. 2000	0,07	0,20
		До 3150	0,07	0,20
Примечание. Суммарная величина зазора складывается из зазоров между правыми и левыми направляющими				
		4. Параллельность плоскости стола нижней поверхности ползуна: а) в продольной плоскости; б) в поперечной плоскости		
а)	б)	0,05 на длине 300 мм		
		5. Перпендикулярность хода ползуна к плоскости стола: а) в продольной плоскости; б) в поперечной плоскости		
а)	б)	0,06 на длине 150 мм		
	6. Биение маховика при вращении	Диаметр маховика в мм	Радиальное	Торцовое
		До 1000 Св. 1000 До 2000	0,1 0,15	0,2 0,3

45. Прессы винтовые фрикционные с номинальным усилием от 40 до 630 т
(ГОСТ 7209-54)

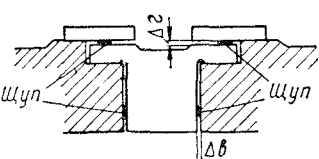
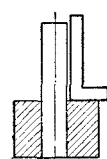
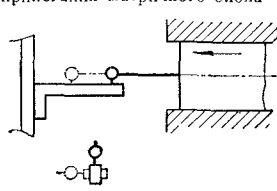
При изготовлении подштамповой плиты должны выдерживаться следующие допуски:

а) на плоскостность верхней и нижней плоскостей — 0,02 на длине 300 мм (допускается отклонение только в сторону вогнутости);

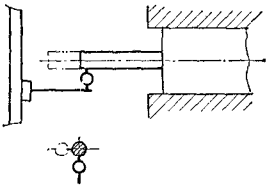
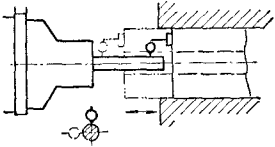
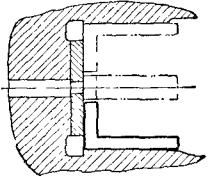
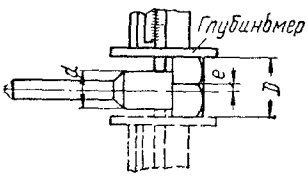
б) на параллельность верхней и нижней плоскостей — 0,02 мм на длине 300 мм

Объект проверки		Допуск в мм					
		1. Плоскостность поверхности стола			0,03 на длине 300 мм (допускается отклонение только в сторону вогнутости)		
		2. Плоскостность нижней поверхности ползуна			0,03 на длине 300 мм (допускается отклонение только в сторону вогнутости)		
		3. Зазоры между направляющими ползуна и станины	Усилие прессы в т	Суммарный зазор в мм			
				наим.	наиб.		
			40 63 100	0,05	0,10		
			160 250	0,08	0,16		
			400 630	0,10	0,20		
		4. Параллельность нижней плоскости ползуна поверхности стола	Усилие прессы в т	Допуск в мм			
40 63 100	0,08						
160 250	0,10						
400 630	0,12						
			5. Перпендикулярность хода ползуна к плоскости стола	40 63 100	0,08	на длине хода 300 мм	
160 250	0,10						
400 630	0,12						
		6. Параллельность оси отверстия ползуна ходу		40 63 100	0,12		на длине хода 300 мм
160 250	0,16						
400 630	0,20						

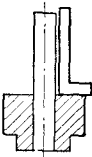
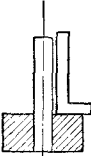
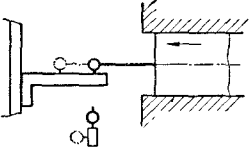
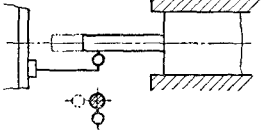
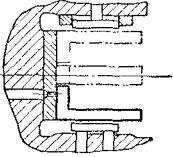
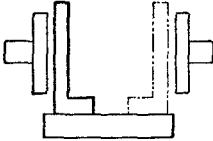
46. Автоматы обрезные кривошипные горизонтальные с наибольшим диаметром стержня изделия от 6 до 25 мм (ГОСТ 6723-53)

Объект проверки	Для авто- матов с наиболь- шим диа- метром стержня изделия в мм	Зазоры в вертикальных на- правляющих Δ_{θ} в мм				Зазоры в го- ризонт. напра- вляющих Δ_{ε} в мм	
		с одной сто- роны		суммарный			
		наим.	наиб.	наим.	наиб.	наим.	наиб.
Проверка точности автомата							
1. Зазоры между направляющими ползуна и станины	До 6 Св. 6 до 10 Св. 10	0,03 0,05 0,07	0,06 0,13 0,20	0,06 0,10 0,14	0,09 0,18 0,27	0,03 0,04 0,05	0,05 0,07 0,10
							
Примечание. Суммарная величина зазора вертикальных направляющих определяется сложением зазоров между правыми и левыми направляющими							
Объект проверки		Допуск в мм					
		0,03 на длине 300 мм					
3. Перпендикулярность оси отверстия для крепления подвижной матрицы в матричном блоке к задней плоскости матричного блока		0,03 на длине 300 мм					
4. Перпендикулярность хода ползуна к вертикальной плоскости станины в месте прилегания матричного блока							
		0,03 на длине 150 мм					

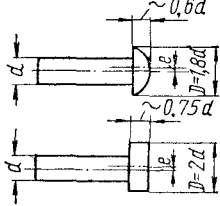
Продолжение табл. 46

Объект проверки	Допуск в мм
<p>5. Параллельность оси отверстия для крепления подвижной матрицы ходу ползуна</p> 	<p>0,04 на длине 150 мм</p>
<p>6. Параллельность оси отверстия под неподвижную матрицу ходу ползуна</p> 	<p>0,04 на длине 150 мм</p>
<p>7. Перпендикулярность вертикальных боковых и горизонтальной нижней плоскости матричного пространства к задней опорной плоскости станины в месте прилегания матричного блока</p> 	<p>0,03 на длине 300 мм</p>
<p>8. Эксцентricность головки изделия к стержню изделия</p> 	<p>При диаметре стержня: до 6—0,20; св. 6 до 10—0,30; св. 10 до 20—0,35; св. 20 до 25—0,40</p> <p>Примечание. Проверка осуществляется по изделиям, полученным с автомата</p>

Продолжение табл. 43

Объект проверки	Допуск в мм
 <p>2. Перпендикулярность оси отверстия для крепления пуансона в пуансонодержателе к опорной задней плоскости пуансонодержателя</p>	0,03 на длине 300 мм
 <p>3. Перпендикулярность оси отверстия для крепления матрицы в матричной колодке к опорной задней плоскости матричной колодки</p>	0,03 на длине 300 мм
 <p>4. Перпендикулярность хода ползуна к вертикальной плоскости станины в месте прилегания матричной колодки или матрицы</p>	0,03 на длине 150 мм
 <p>5. Параллельность оси отверстия пуансонодержателя ходу ползуна</p>	0,03 на длине 150 мм
 <p>6. Перпендикулярность вертикальных боковых и горизонтальной нижней плоскостей матричного пространства к вертикальной плоскости станины в месте прилегания матрицы или матричной колодки</p>	0,03 на длине 300 мм
 <p>7. Перпендикулярность вертикальных боковых плоскостей к горизонтальной нижней плоскости матричного пространства</p>	0,03 на длине 300 мм

Продолжение табл. 48

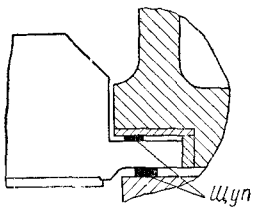
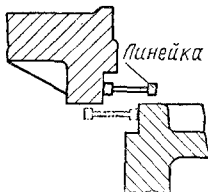
Объект проверки	Допуск в мм										
<p style="text-align: center;"><i>Проверка автомата в работе</i></p>  <p style="text-align: center;">8, Эксцентricность (e) головки изделия к стержню изделия</p>	<p>При диаметре стержня:</p> <table border="0"> <tr> <td>2,6 мм — 0,15;</td> <td>4 мм — 0,20;</td> </tr> <tr> <td>6 мм — 0,20;</td> <td>8 мм — 0,30;</td> </tr> <tr> <td>10 мм — 0,30;</td> <td>12 мм — 0,35;</td> </tr> <tr> <td>16 мм — 0,35;</td> <td>20 мм — 0,35;</td> </tr> <tr> <td>25 мм — 0,40</td> <td></td> </tr> </table>	2,6 мм — 0,15;	4 мм — 0,20;	6 мм — 0,20;	8 мм — 0,30;	10 мм — 0,30;	12 мм — 0,35;	16 мм — 0,35;	20 мм — 0,35;	25 мм — 0,40	
2,6 мм — 0,15;	4 мм — 0,20;										
6 мм — 0,20;	8 мм — 0,30;										
10 мм — 0,30;	12 мм — 0,35;										
16 мм — 0,35;	20 мм — 0,35;										
25 мм — 0,40											

Примечания: 1. Проверка осуществляется по изделиям, полученным с автомата.

2. Высадка винтов с полукруглой головкой или с цилиндрической головкой производится из бунта или прутка.

3. Наибольшее допускаемое (расчетное) усилие при высадке определяется из условия высадки изделия: с полукруглой головкой, диаметром $D \approx 1,8d$ и высотой $h \approx 0,6d$ — для одноударных автоматов; с цилиндрической головкой с диаметром $D \approx 2d$ и высотой $h \approx 0,75d$ — для двухударных автоматов (где d — диаметр стержня изделия) из материала с пределом прочности на растяжение $\sim 60 \text{ кг/мм}^2$ согласно ГОСТ 5622-50, 5623-50, 5624-50 и 5625-50

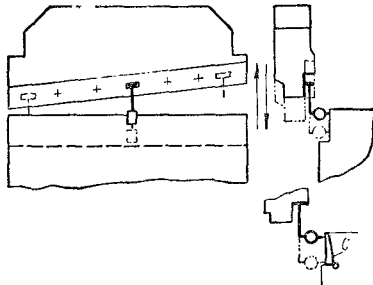
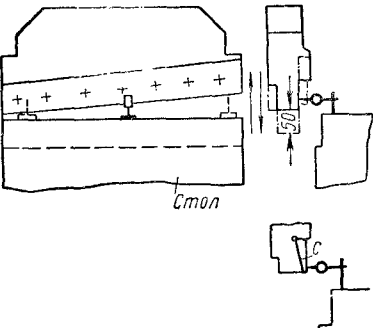
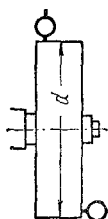
**49. Ножницы листовые с наклонными ножами для разрезаемых листов
толщиной от 1 до 60 мм (ГОСТ 6766-53)**

Объект проверки	Толщина разрезаемого листа в мм	Ширина листа в мм	Допуск в мм	
			Суммарный зазор	
<p>1. Зазор между направляющими станины и суппорта верхнего ножа</p> 	До 2,5	1000 1600 2500	0,05 0,06 0,10	0,10 0,12 0,20
	Св. 2,5 до 10	1000 3200	0,10 0,12	0,20 0,25
	Св. 10 до 32	2000 3200	0,12 0,15	0,25 0,30
	Св. 32 до 60	2000 3200	0,15 0,15	0,30 0,35
<p>2. Плоскостность боковых опорных поверхностей в местах прилегания верхнего и нижнего ножей</p> 	До 2,5	1000 1600 2500	0,05	
	Св. 2,5 до 10	2000 3200	0,06	
	Св. 10 до 32	2000 3200	0,07	
	Св. 32 до 60	2000 3200	0,08	

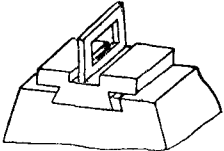
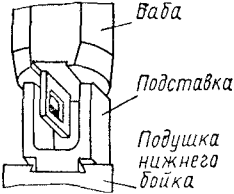
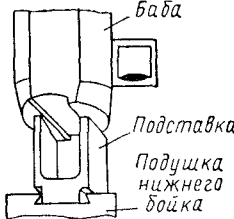
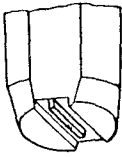

Примечание. Суммарная величина зазора складывается из зазора передних и задних направляющих (верхних или нижних).

На длине
1000 мм

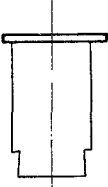
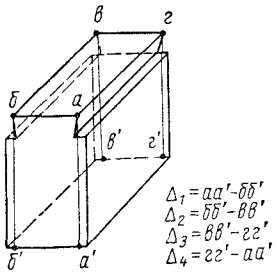
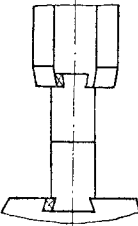
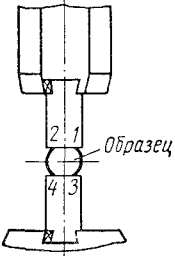
Продолжение табл. 49

Объект проверки	Толщина раз- резаемого листа в мм	Ширина листа в мм	Допуск в мм	
3. Параллельность хода суппорта верхнего ножа относительно вертикальной плоскости стола в месте прилегания нижнего ножа 	До 2,5	1000 1600 2500	0,04 0,04 0,04	На длине хода 50 мм
	Св. 2,5 до 10	2000 3200	0,04 0,05	
	Св. 10 до 32	2000 3200	0,05 0,06	
	Св. 32 до 60	2000 3200	0,05 0,06	
4. Параллельность вертикальной опорной плоскости суппорта в месте прилегания верхнего ножа ходу суппорта 	До 2,5	1000 1600 2500	0,04 0,04 0,04	
	Св. 2,5 до 10	2000 3200	0,04 0,05	
	Св. 10 до 32	2000 3200	0,05 0,06	
	Св. 32 до 60	2000 3200	0,05 0,06	
<p>Примечания к проверкам 3 и 4: 1. Отклонения допускаются только в сторону увеличения расстояния между вертикальными плоскостями прилегания верхнего и нижнего ножей. 2. В случае, если боковая и опорная плоскость суппорта в месте прилегания верхнего ножа имеет уклон, то проверка производится по вертикальной стороне контрольной пластинки С, изготовленной с тем же уклоном</p>				
 <p>5. Биеение маховика при вращении</p>	Диаметр ма- ховика d в мм		Радиаль- ное	Торцовое
	От 400 до 800 Св. 800 " 1200 " 1200 " 2000		0,10 0,15 0,20	0,15 0,20 0,30

50. Молоты ковочные пневматические с номинальным весом падающих частей от 75 до 1000 кг (ГОСТ 6803-53)

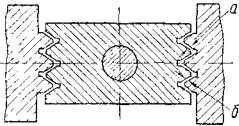
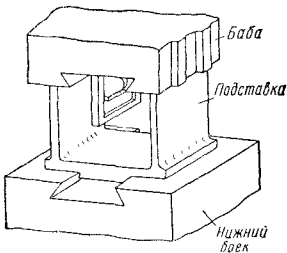

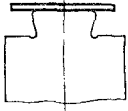
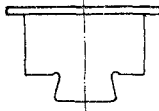
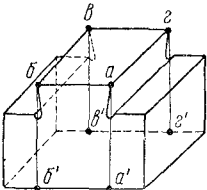
Объект проверки	Допуск в мм
<p style="text-align: center;"><i>Проверка точности молота</i></p>  <p>1. Горизонтальность опорной плоскости паза в ползушке нижнего бойка</p>	<p>Отклонение уровня не более 0,2 на 1000 мм</p>
 <p>2. Горизонтальность опорной плоскости паза в бабе под хвостовик верхнего бойка в положении, соответствующем расстоянию от нижней кромки верхнего бойка до конца хода, равному высоте поковки $0,0053G \pm 4$ см (ГОСТ 712-52; G — вес падающих частей молота в кг)</p>	<p>Отклонение уровня в ту же сторону, что и отклонение уровня на подушке нижнего бойка, не более 0,2 на 1000 мм; отклонение в противоположную сторону не более 0,1 на 1000 мм</p>
 <p>3. Вертикальность бабы в том же положении, что и при проверке 2</p>	<p>Отклонение уровня не более 0,2 на 1000 мм</p>
 <p>4. Плоскостность опорной поверхности паза в бабе под хвостовик верхнего бойка</p>	<p>0,05 на 300 мм (допускается отклонение только в сторону вогнутости)</p>
 <p>5. Плоскостность опорных поверхностей хвостовиков верхнего и нижнего бойков</p>	<p>0,05 на 300 мм (допускается отклонение только в сторону вогнутости)</p>

Продолжение табл. 50

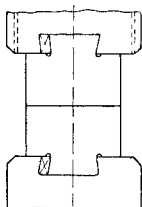
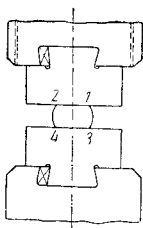
Объект проверки	Допуск в мм
 <p>6. Плоскостность рабочих поверхностей верхнего и нижнего бойков</p>	<p>0,05 на 300 мм (допускается отклонение только в сторону вогнутости)</p>
 <p>7. Параллельность верхней и нижней плоскостей верхнего и нижнего бойков</p> $\Delta_1 = aa' - bb'$ $\Delta_2 = bb' - aa'$ $\Delta_3 = bb' - zz'$ $\Delta_4 = zz' - aa'$	<p>Не более 0,05 на длине 300 мм</p>
 <p>8. Плотность прилегания рабочих плоскостей бойков при их соприкосновении в нижнем положении бабы</p>	<p>0,2 на 300 мм длины и ширины бойка</p>
<p>Проверка молота в работе</p>	
 <p>9. Параллельность верхней и нижней плоскостей поковки после нанесения полного удара</p>	<p>Отклонение размера 1—3 от размера 2—4 по 7-му классу точности ОСТ 1010</p>

Примечание. Поковка должна иметь высоту $0,0053Q + 4$ мм и ширину не менее 1,25 ширины зеркала бойка согласно ГОСТ 712-52; Q — номинальный вес падающих частей в кг

51. Молоты ковочные паро-воздушные арочного типа двойного действия с номинальным весом падающих частей от 1000 до 5000 кг (ГОСТ 6724-53)

Объект проверки	Допуск в мм
<p align="center"><i>Проверка молота на точность</i></p>  <p>1. Зазоры в направляющих при нижнем положении бабы и соприкосновении бойков</p>	<p>а) Наименьшая величина одного из зазоров 0,1; б) сумма зазоров а и б в холодном состоянии молота 0,5—0,75</p>
<p>2. Горизонтальность опорной плоскости паза ласточкина хвоста бабы в положении, соответствующем расстоянию от нижней кромки верхнего бойка до конца хода, равному $5,3G \pm 4$ см (по ГОСТ 4730-49), где G — вес падающих частей молота в тоннах</p> 	<p>а) В сторону подушки нижнего бойка 0,3 на длине 1000 мм; б) в противоположную сторону 0,15 на длине 1000 мм</p>
 <p>3. Плоскостность опорной поверхности паза хвостовика бабы</p>	<p>0,12 на 1000 мм (допускается отклонение только в сторону вогнутости)</p>
 <p>4. Плоскостность опорных поверхностей хвостовиков верхнего и нижнего бойков</p>	<p>0,12 на 1000 мм (допускается отклонение только в сторону вогнутости)</p>
 <p>5. Плоскостность рабочих поверхностей верхнего и нижнего бойков</p>	<p>0,12 на 1000 мм (допускается отклонение только в сторону вогнутости)</p>
 <p>6. Параллельность верхней и нижней плоскостей верхнего и нижнего бойков</p>	<p>Разность между размерами aa' и bb', bb' и gg', gg' и aa' не более 0,15 на 1000 мм</p>

Продолжение табл. 51

Объект проверки		Допуск в мм	
	7. Плотность прилегания рабочих плоскостей бойков при их соприкосновении в нижнем положении бабы после пробных ударов	Непараллельность рабочих плоскостей не более 0,6 на 1000 мм ширины бойка	
Проверка молота в работе			
	8. Параллельность верхней и нижней плоскостей поковки	Отклонение размера 1—3 от размера 2—4 по 7-му классу точности (ОСТ 1010)	
Примечание. Наносится полный удар по поковке и измеряется толщина ее в двух параллельных плоскостях. Размеры поковки: высота по ГОСТ 4730-49, поперечное сечение по таблице:			
Вес падающих частей молота в кг	Поперечное сечение поковки в мм	Вес падающих частей молота в кг	Поперечное сечение поковки в мм
1000	120×120	3000	210×210
1500	150×150	4000	240×240
2000	170×170	5000	270×270

ПРОВЕРКА ЖЕСТКОСТИ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ

Жесткость — свойство деталей и соединений деталей сопротивляться упругим перемещениям при действии на них внешних сил. Жесткость станка численно выражается величиной нагрузки, приложенной к рабочим органам станка, несущим обрабатываемое изделие и режущий инструмент, и вызывающей определенные изменения их взаиморасположения.

Различают три основных метода определения жесткости:

- статический метод — с нагружением частей станка в его статическом состоянии;
- производственный метод — с нагру-

жением частей станка в его рабочем состоянии (при резании);

в) в условиях колебаний (лабораторный метод).

Статический метод определения жесткости. Проверка общей жесткости станка в статическом состоянии производится путем нагружения рабочих органов станка, несущих обрабатываемое изделие и режущий инструмент, плавно возрастающей до заданного предела силой и одновременно измеряется относительное перемещение этих рабочих органов.

Производка станка по нормам жесткости производится в соответствии с требованиями ГОСТ 7035-54 «Станки металлорежущие. Общие условия к стандартам на нормы жесткости».

Нагружение производится одной, двумя и тремя составляющими усилия резания.

Проверка при нагружении одной составляющей усилия резания производится лишь в случае пробных испытаний, так как условия испытаний отличны от условий работы станка.

Проверка жесткости производится главным образом при нагружении рабочих органов станка несколькими силами, точнее, равнодействующей этих сил.

Для нагружения используются механизмы станка и специальные нагружающие устройства, а также вспомогательные средства — оправки, кронштейны и т. д.

Для измерения нагрузок используются рабочие динамометры. В качестве измерительных средств для проверки относительных перемещений рабочих органов станка используются индикаторы, миниметры, уровни и т. д.

Измерение перемещений производится в направлении, определяющем точность обработки.

В условиях испытаний оговариваются:

а) положение узлов и деталей станков в процессе проверки;

б) направления и величины прилагаемых сил и точки их приложения;

в) направления и точки, в которых должны измеряться перемещения;

г) способы создания сил и средства их измерения;

д) способы и средства измерения перемещений и деформаций.

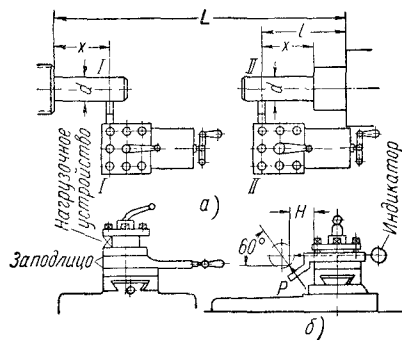
Измерение перемещений и деформаций может производиться как в период нагружения и разгружения, так и после окончания нагружения. В первом случае строится график, на котором по оси абсцисс откладываются величины прилагаемых сил, а по оси ординат измеренные перемещения рабочих органов. При этом линия, характеризующая перемещения при увеличении нагрузки, обычно не совпадает с линией, характеризующей перемещения при уменьшении (снятии) нагрузки в связи с влиянием остаточных напряжений.

При проведении ряда замеров величина перемещения при заданной нагрузке определяется как средняя арифметическая результатов замеров.

Нормы жесткости токарных станков общего назначения (ГОСТ 7895-56). Жесткость токарных станков определяется при поочередном нагружении систем шпиндель—резцедержатель и пиноль—резце-

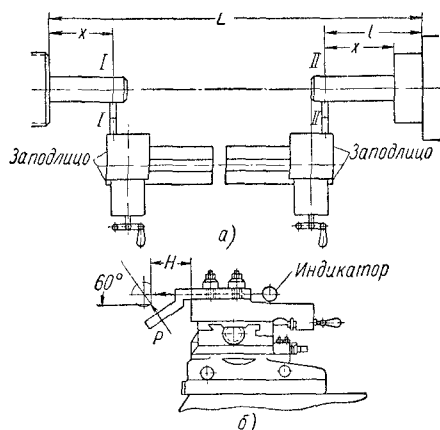
держатель силой P . В нормах жесткости приведены величины нагрузок и величины допускаемых перемещений резцедержателя относительно оправок, установленных в шпинделе и в пиноли.

Положение узлов и деталей и точки приложения нагружающей силы, а также



Фиг. 124. Схема испытания на жесткость токарных станков с наибольшим диаметром обрабатываемого изделия до 1000 мм (по ГОСТ 7895-56): а — положение суппорта; б — направление и точка приложения силы P в плоскостях I—I и II—II.

направление ее действия при испытании указаны на фиг. 124 и 125 и определяются величинами, приведенными в табл. 52 и 53.



Фиг. 125. Схема испытания на жесткость токарных станков с наибольшим диаметром обрабатываемого изделия свыше 1000 мм (по ГОСТ 7895-56); а — положения суппорта; б — направление и точка приложения силы P в плоскостях I—I и II—II.

Цилиндрические оправки с конусным хвостовиком, с помощью которых производятся испытания, должны плотно уста-

52. Диаметры оправок и положение точки приложения нагружающей силы при испытании токарных станков на жесткость (ГОСТ 7895-56) (Обозначения по фиг. 124 и 125)

Станки с наибольшим диаметром обрабатываемого изделия D в мм	100	125	160	200	250	320	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3200	4000	5000
Диаметр оправки d в точке измерения перемещения в мм	15	20	25	30	35	40	40	40	45	45	45	80	80	120	130	160 *	160 *	200 *
Расстояние H от точки приложения силы до резцедержателя в мм	21	28	28	38	38	50	50	67	67	90	90	120	120	160	160	210 *	210 *	280
Расстояние I от точки приложения силы до торца корпуса задней бабки в мм	50	60	70	80	95	115	140	170	200	235	270	310	360	410	475	560	650	700
Расстояние L от торца шпинделя до торца корпуса задней бабки в мм	0,75—0,85 наибольшего расстояния между центрами																	

* Допускается увеличение H до 280 мм и d до 460 мм в случае невозможности подвода резцедержателя суппорта в заданное положение.

53. Величина расстояния от торца шпинделя или пиноли до точки приложения силы при испытании жесткости токарных станков (ГОСТ 7895-56) (Обозначения по фиг. 125 и 126)

Конусное отверстие в шпинделе (переходной втулке) или пиноли для упорных центров по ГОСТ 2573-44 и 7344-55	Обозначение конусов																	
	Морзе №								С конусностью 1 : 10 и 1 : 7									
	0	1	2	3	4	5	6	80	90	100	110	120	140	160	180	200		
Расстояние X от точки приложения силы до торца шпинделя (переходной втулки) или пиноли в мм	22	28	36	45	55	70	90	100	110	120	135	150	170	190	210	230		

навливаясь в конусное отверстие шпинделя и пиноли. Если конусное отверстие шпинделя больше, чем конус Морзе № 6, оправка вставляется в переходную втулку, если она предусмотрена конструкцией станка.

Продольное (вдоль линии центров) смещение верхней части суппорта допускается в пределах 0,2 длины ее хода.

Закрепление задней бабки на станине и пиноли в бабке, а также резцедержателя должно производиться без применения удлинителей к ключам и рукояткам, если это не предусмотрено руководством по эксплуатации станка.

Перед каждым испытанием всем подвижным частям суппорта, пиноли, корпусу задней бабки вместе с ее плитой сообщаются поступательные перемещения с последующей установкой в заданные положения, а шпинделю — поворот. При

этом салазки суппорта подводятся в положение проверки перемещением их в направлении к линии центров станка.

Проверка перемещения производится следующим образом.

Устройство, необходимое для создания нагружающей силы, закрепляется в левом пазу резцедержателя или в положении резца слева (фиг. 124), а в случаях испытания суппортов станков с наибольшим диаметром обрабатываемого изделия свыше 1000 мм у задней бабки — в положении резца справа (фиг. 125).

Нагружающая сила P прилагается к системе шпиндель (или пиноль) — резцедержатель под углом 60° к направлению поперечной подачи путем плавного возрастания нагрузки до заданной величины. Одновременно с помощью индикатора измеряется относительное перемещение резцедержателя в плоскости действия силы

и оправки в радиальном направлении, параллельном направлению подачи.

За величину относительного перемещения резцедержателя и оправки в шпинделе (или пиноли) принимается средняя арифметическая из результатов двух испытаний.

Если разность двух испытаний окажется больше 15% допускаемой величины перемещения, должно производиться третье испытание. В этом случае за величину относительного перемещения резцедержателя и оправки в шпинделе (или в пиноли) принимается средняя арифметическая из результатов трех испытаний.

Нормы жесткости токарных станков приведены в табл. 54.

54. Нормы жесткости токарных станков (ГОСТ 7895-56)

Для станков с наибольшим диаметром обрабатываемого изделия D в мм	Прилагаемая сила P в кг	Наибольшее допускаемое перемещение резцедержателя в мм относительно	
		оправки в шпинделе	оправки в пиноли
100	70	0,04	0,05
125	100	0,05	0,07
160	140	0,07	0,10
200	200	0,10	0,13
250	280	0,13	0,16
320	400	0,17	0,21
400	560	0,21	0,27
500	800	0,28	0,35
630	1 120	0,36	0,47
800	1 600	0,47	0,61
1000	2 240	0,61	0,82
1250	3 150	0,80	1,05
1600	4 500	1,05	1,40
2000	6 300	1,40	1,80
2500	9 000	1,80	2,30
3200	12 500	2,30	3,00
4000	18 000	3,00	3,80
5000	25 000	3,80	4,80

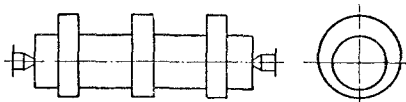
Примечание. Допускается изменение прилагаемой силы на $\pm 1\%$.

Производственный метод определения жесткости. Производственный метод определения жесткости осуществляется:

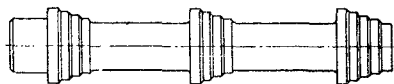
а) в условиях переменной нагрузки — путем снятия неравномерного припуска при обточке эксцентричных заготовок (фиг. 126) или ступенчатых поверхностей (фиг. 127 и 128);

б) в условиях постоянной нагрузки — путем снятия стружки постоянного се-

чения для каждого типа и размера станка (группы станков).



Фиг. 126. Эксцентричная заготовка для испытания жесткости токарного станка производственным методом.



Фиг. 127. Ступенчатая заготовка для испытания жесткости токарного станка производственным методом.

Жесткость упругой системы станок — деталь — инструмент определяется из соотношения

$$\frac{1}{i_{\text{сист}}} = \frac{1}{i_c} + \frac{1}{i_d} + \frac{1}{i_u}.$$

В случае обработки жесткой заготовки жестким инструментом, жесткость которых во много раз превышает жесткость системы станок — деталь — инструмент определяется из соотношения

$$\frac{1}{i_{\text{сист}}} = \frac{1}{i_c}.$$

Испытания в условиях переменной нагрузки. При обработке на токарном станке эксцентричной заготовки глубина резания изменяется от t_1 до t_2 и под действием усилия резания изменяется отжатие узлов от y_1 до y_2 , что приводит к погрешностям обработки:

погрешность (эксцентricность) заготовки

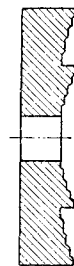
$$\Delta_3 = t_2 - t_1;$$

погрешность обработанной детали

$$\Delta_d = y_1 - y_2.$$

В случае обработки жесткой заготовки жесткость упругой системы определится по формуле

$$i_{\text{сист}} = \lambda C_p s^{0,75} \left(\frac{\Delta_3}{\Delta_d} \right),$$

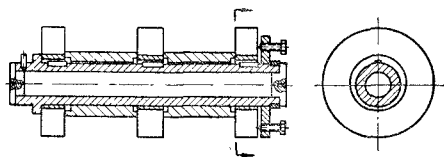


Фиг. 128. Ступенчатая заготовка-диск с кольцевыми проточками для испытания жесткости токарного станка в осевом направлении.

где $\lambda = \frac{P_y}{P_z}$; C_p — коэффициент, характеризующий материал, s — подача в мм/об.

Величины Δ_3 и Δ_4 определяются проверкой заготовки и обработанной детали на биение.

Для экономии металла, расходуемого на испытания, а также для предохранения инструмента от затупления при резании при испытании производят обработку дисков, которые закрепляются на оправке с помощью эксцентричных втулок и шпонок (фиг. 129). После обработки образцы



Фиг. 129. Сборная заготовка для испытания жесткости токарного станка производственным методом с дисками, установленными на эксцентричных втулках.

могут быть переставлены на концентричные втулки, чем обеспечивается их применение для следующего испытания.

Испытание может быть произведено также путем обработки двух заготовок, различных по жесткости, одна из которых обладает достаточной жесткостью, превышающей жесткость станка, а другая имеет значительный прогиб.

В случае обработки жесткой заготовки жесткость упругой системы, как указывалось выше, определяется из соотношения

$$\frac{1}{i_{сист}} = \frac{1}{i_c} \quad \text{или} \quad \frac{1}{\lambda C_p s^{0,75} \epsilon_1} = \frac{1}{i_c}.$$

В случае обработки второй нежесткой заготовки жесткость системы определяется из соотношения

$$\frac{1}{i_{сист}} = \frac{1}{i_c} + \frac{1}{i_{32}} \quad \text{или} \quad \frac{1}{\lambda C_p s^{0,75} \epsilon_2} = \frac{i_{32} + i_c}{i_{32} \cdot i_c},$$

тогда, деля указанные выше соотношения одно на другое, найдем:

$$\frac{\epsilon_1}{\epsilon_2} = \frac{i_{32} + i_c}{i_{32}}; \quad \frac{\epsilon_1}{\epsilon_2} = 1 + \frac{i_c}{i_{32}}.$$

ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ

Проверка кинематической точности станков

1. Архангельский Л. А., Ткачевский Г. И. и Лившиц Г. А., Повышение кинематической точности зубофрезерных станков, «ЦНИИТМАШ», кн. 65, Машгиз, 1954.
2. Партецкий Б. М., Опыт повышения кинематической точности делительной цепи зубофрезерных станков, «Станки и инструмент» № 11, Машгиз, 1951.
3. Лившиц С. В., Проверка шага ходовых винтов и точности станков по шагу, «Станки и инструмент» № 1—2, Машгиз, 1945.
4. Определение кинематической точности зубо-резных станков, ЦБТИ МС и ИП, 1952.

Жесткость станка определится в данном случае по формуле

$$i_c = \left(\frac{\epsilon_1}{\epsilon_2} - 1 \right) i_{32},$$

где

$$\epsilon_1 = \frac{\Delta_{31}}{\Delta_{\delta 1}}; \quad \epsilon_2 = \frac{\Delta_{32}}{\Delta_{\delta 2}};$$

Δ_{31} и $\Delta_{\delta 1}$ — погрешности первой заготовки и детали; Δ_{32} и $\Delta_{\delta 2}$ — погрешности второй заготовки и детали; i_{32} — жесткость второй заготовки.

При $\Delta_{31} = \Delta_{32}$ жесткость определится

$$i_c = \left(\frac{\Delta_{\delta 2}}{\Delta_{\delta 1}} - 1 \right) i_{32}$$

Испытания в условиях постоянной нагрузки. Глубина резания t и подача s выбираются при данном способе испытаний на жесткость таким образом, чтобы обеспечить заданное соотношение между составляющими усилия резания P_y , P_z и P_x .

После обработки производится проверка положения обработанной поверхности по отношению к направлению движения инструмента без нагрузки путем замера величины отклонения с помощью индикатора.

Жесткость определится по формуле

$$i_c = \frac{P_y}{\Delta} \left(\frac{t \phi}{t_{ycm}} \right)^{x_{Py}},$$

где P_y — сила, действующая перпендикулярно обрабатываемой поверхности; Δ — отклонение обработанной поверхности от направления перемещения инструмента; t_{ycm} — установленная при настройке глубина резания; $t \phi$ — фактическая глубина резания ($t \phi = t_{ycm} - \Delta$); x_{Py} — показатель степени при t в формуле для определения P_y .

Проверка жесткости металлорежущих станков

1. Вотинов К. В., Жесткость станков, ЛОНИТОМАШ 1940.
2. Соколовский А. П., Жесткость в технологии машиностроения, Машгиз, 1946.
3. Еникеев Х. М., Жесткость металлорежущих станков, ЦБТИ МСС, 1950.
4. «ЛОНИТОМАШ» кн. 26, «Жесткость металлорежущих станков», Машгиз, 1952.
5. ГОСТ 7035-54 «Станки металлорежущие. Общие условия к стандартам на нормы жесткости» и ГОСТ 7895-56 «Станки токарные общего назначения. Нормы жесткости».

ОСНОВНЫЕ СЛЕСАРНО-СБОРОЧНЫЕ РАБОТЫ И ВЫВЕРКА КООРДИНАТ ПРИ РЕМОНТЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

РЕМОНТ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ

Ремонт станин

Выбор технологических и поверочных баз при исправлении направляющих станин

Точность работы отремонтированного станка в значительной мере определяется точностью, с какой удастся исправить изношенные направляющие станины.

Исправление изношенных направляющих станин может считаться выполненным полноценно, если в результате:

1) достигнуто полное восстановление прямолинейности всех направляющих поверхностей в пределах требований, предъявляемых к ним при изготовлении нового станка;

2) обеспечена взаимная параллельность направляющих как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскостях в пределах допусков, принятых для новых станин данного типа;

3) достигнуто полное или близкое соответствие геометрической формы и размеров направляющих первоначальному;

4) у станин, имеющих взаимно-перпендикулярные в горизонтальной плоскости направляющие (станины круглошлифовальных станков и др.), выдержан между этими направляющими прямой угол;

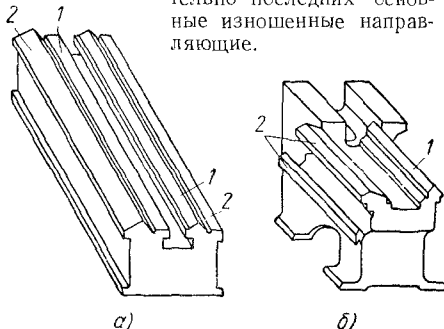
5) выдержан прямой угол между направляющими, взаимно-перпендикулярными в вертикальной плоскости (зубофрезерные станки и др.);

6) сечение круговых направляющих, перпендикулярное к оси шпинделя, представляет собой правильные окружности.

Обеспечить эти требования оказывается возможным лишь при правильном выборе технологических и поверочных баз, относительно которых производится выверка изношенных направляющих при их исправлении.

По характеру поверхностей, которые могут быть приняты за базовые, станины металлообрабатывающего оборудования делятся на следующие четыре группы.

I группа — станины, у которых в качестве баз при ремонте могут использоваться малоизнашивающиеся в процессе эксплуатации направляющие. У таких станин (фиг. 1) исправляют сперва эти направляющие, затем, приняв их за базовые, восстанавливают, проверяя относительно последних основные изношенные направляющие.



Фиг. 1. Станины I группы: а — станина токарного станка; б — станина револьверного станка; 1 — поверхности, принимаемые за базовые; 2 — рабочие изношенные поверхности.

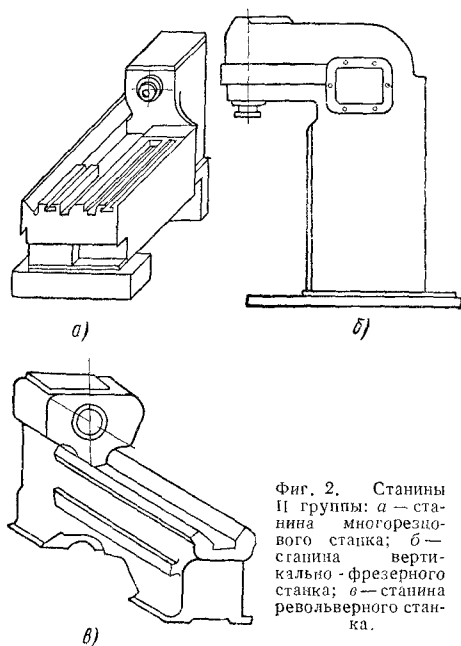
Типичными представителями этой группы станин являются станины большинства токарных станков с отъемной передней бабкой, у которых за базовые поверхности могут приниматься направляющие задней бабки, износ которых обычно бывает очень небольшим. К этой же группе относятся станки некоторых моделей револьверных станков.

II группа — станины, в которых непосредственно монтированы шпиндели (фиг. 2). Для таких станин поверочной базой при исправлении изношенных поверхностей является ось шпинделя. К этой

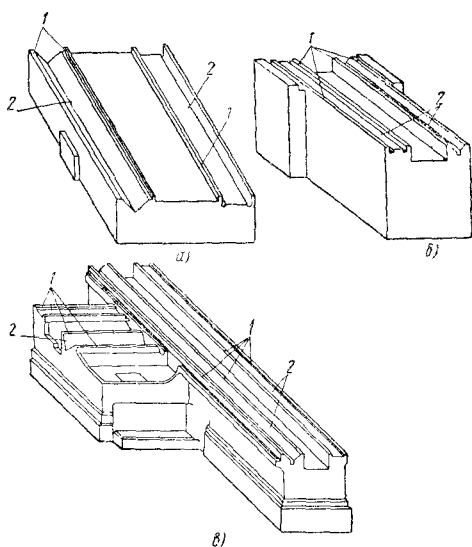
группе относятся, в частности, станины горизонтально-фрезерных и вертикально-фрезерных станков, а также некоторых моделей револьверных и многорезцовых токарных станков, у которых передняя бабка представляет одно целое со станиной.

При ремонте станин этой группы пользуются жесткими или устанавливаемыми оправками, которые вставляются в шпиндель станка; относительно этой оправки, материализующей ось вращения шпинделя, и производится выверка направляющих.

III группа — станины, имеющие нерабочие поверхности, обработанные с одной установки, с износившимися



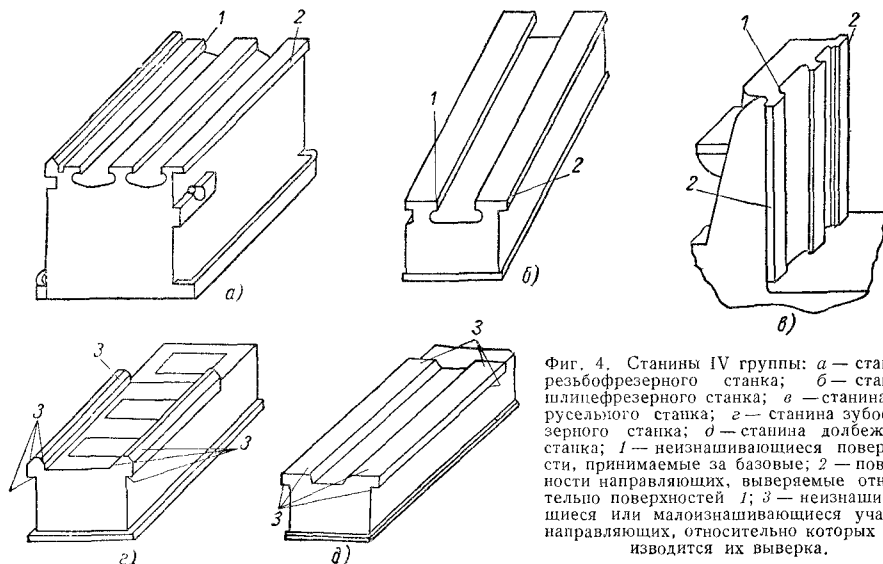
рабочими поверхностями. К этой группе относятся станины большинства продольно-строгальных, продольно-фрезерных, плоскошлифовальных, внутришлифовальных, круглошлифовальных и некоторых других станков. На фиг. 3 цифрой 1 обозначены нерабочие обработанные поверхности, принимаемые за базовые при восстановлении изношенных рабочих поверхностей направляющих таких станин. Относительно этих поверхностей производится проверка восстанавливаемых рабочих поверхностей направляющих.



Фиг. 3. Станины III группы: а — станина продольно-строгального станка; б — станина внутришлифовального станка; в — станина круглошлифовального станка; 1 — неизношенные поверхности, принимаемые за базовые; 2 — изношенные восстанавливаемые рабочие поверхности направляющих.

IV группа — станины, не имеющие обработанных поверхностей, подобных принимаемым за базовые у станин I—III групп, или имеющие только одну поверхность, пригодную для проверки относительно нее лишь части направляющих.

Основные типы станин, относящиеся к этой группе, приведены на фиг. 4. Станины, имеющие только одну неизнашивающуюся поверхность, которая может быть принята за базовую, приведены на фиг. 4, а — в; станины, не имеющие неизнашивающихся поверхностей, — на фиг. 4, г и д. Направляющие станин последних двух типов выверяются при их исправлении по неизношенным или малоизношенным участкам, обозначенным цифрой 3. Поверхности направляющих станин, обозначенные на фиг. 4, а — в цифрами 2, выверяются относительно неизнашивающихся поверхностей 1, а остальные — относительно малоизношенных участков их самих. Эти участки направляющих (в большинстве случаев они располагаются по концам или у краев направляющих), сохраняя свое первоначальное положение, позволяя использовать их как базовые поверхности при исправлении направляющих.



Фиг. 4. Станины IV группы: а — станина резбобфрезерного станка; б — станина шлифобфрезерного станка; в — станина карусельного станка; г — станина зубобфрезерного станка; 1 — станина долбежного станка; 1 — неизнашивающиеся поверхности, принимаемые за базовые; 2 — поверхности направляющих, выверяемые относительно поверхностей 1; 3 — неизнашивающиеся или малоизнашивающиеся участки направляющих, относительно которых производится их выверка.

Представителями этой группы станин являются станины зубобфрезерных, резбобфрезерных и других станков.

Способы исправления и проверки направляющих станин

Исправление изношенных направляющих станин может производиться:

- 1) механической обработкой на станках;
- 2) механической обработкой с помощью приспособлений на месте производства ремонта;
- 3) ручным припиливанием и шабрением.

Механическая обработка направляющих на станках строганием, фрезерованием или шлифованием является наиболее совершенным и производительным способом восстановления изношенных направляющих. Однако применение этого способа нередко ограничивается отсутствием на заводах станков соответствующих размеров и необходимой точности.

Обработка направляющих станин с помощью приспособлений не требует специального оборудования; применяемые при этом приспособления несложны по конструкции и могут быть изготовлены любым машиностроительным заводом. Но недостатком этого способа является большая его трудоемкость по сравнению с обработкой на станках, так как обработка

с помощью приспособлений ведется, как правило, на более низких режимах, требует обычно выполнения некоторых ручных работ по подготовке баз и довольно трудоемкой работы по установке и наладке приспособления. Тем не менее обработка направляющих станин с помощью приспособлений нередко оказывается более выгодной, так как она может выполняться на месте установки станка, в результате чего отпадает необходимость в демонтаже и повторном монтаже станины и экономится время, затрачиваемое на транспортировку ее к месту обработки и обратно. Наиболее целесообразным оказывается применение этого способа для исправления направляющих станин особо больших размеров.

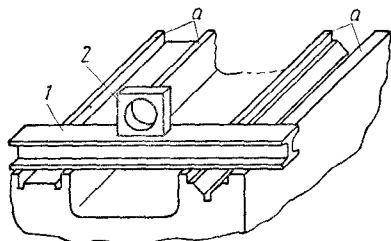
Исправление направляющих обработкой вручную (припиливанием, шабрением и пр.) является наиболее трудоемким и устаревшим способом. В настоящее время этот способ допустимо применять лишь в случаях: 1) когда износ направляющих настолько незначителен, что восстановление их вручную требует меньше времени, чем восстановление методами механической обработки; 2) когда еще не приобретены или не изготовлены средства для механической обработки (станки и приспособления).

Для обработки изношенных направляющих независимо от принятого способа

обработки (ручное шабрение, обработка на станке, обработка с помощью приспособления) станина должна быть выверена на клиньях или прокладках так, чтобы базовые ее поверхности были прямолинейны, т. е. спиральная извернутость станины не выходила за пределы допускаемой по нормам точности, установленным соответствующими ГОСТ.

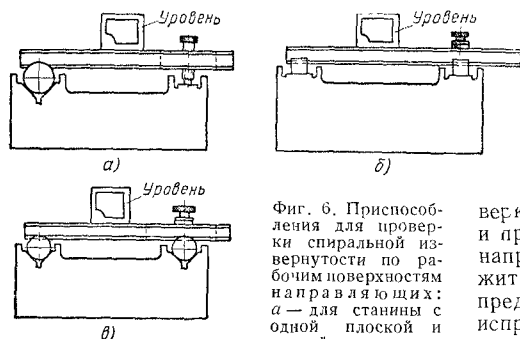
Проверка станин на спиральную извернутость производится по базовым поверхностям при помощи уровня.

При проверке станин токарных станков, относящихся к I группе, уровень уста-



Фиг. 5. Проверка спиральной извернутости станины III группы при помощи уровня и линейки по базовым поверхностям: 1 — линейка; 2 — уровень.

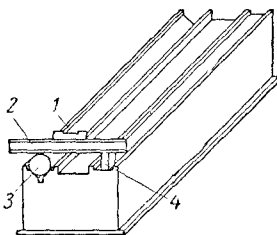
навливается обычно на подушку задней бабки. На фиг. 5 показан способ проверки на спиральную извернутость станины III группы. Уровень устанавливается в данном случае на контрольную линейку, которая кладется поперек ста-



Фиг. 6. Приспособления для проверки спиральной извернутости по рабочим поверхностям направляющих: а — для станины с одной плоской и другой призматической направляющей; б — для станины с двумя плоскими направляющими; в — для станины с двумя призматическими направляющими.

нины на базовые поверхности *a*. Перемещая линейку с уровнем вдоль станины, по показаниям уровня определяют величину и направление спиральной извернутости.

Проверку спиральной извернутости станины по исправленным направляющим удобнее всего производить с помощью приспособлений. На фиг. 6, а — в приведены приспособления для проверки станин с V-образными и плоскими направляющими. При отсутствии приспособлений можно использовать контрольную линейку, ролики и подкладки (фиг. 7).



Фиг. 7. Проверка спиральной извернутости станины по рабочим поверхностям направляющих без приспособлений: 1 — уровень; 2 — линейка; 3 — калиброванный валик; 4 — мерная плитка.

Перед обработкой призматических направляющих изготавливают шаблоны по наименее изношенным их участкам, которыми пользуются при обработке, чтобы не допустить нарушения первоначального профиля направляющих.

При обработке направляющих на станках взаимная параллельность исправляемых поверхностей направляющих обеспечивается станком, тем не менее она должна проверяться.

Для выполнения этой проверки предварительно ослабляют крепление станины к столу.

При ремонте относящихся к I группе станин токарных станков с отдельными направляющими для задних бабок основанием для контрольных приспособлений, с помощью которых производится проверка спиральной извернутости станины и правильности положения исправляемых направляющих относительно базы, служит подушка задней бабки, которая предварительно пришабривается по своим исправленным направляющим. Способы проверки направляющих токарного станка от направляющих задней бабки, принятых за базу, приведены на фиг. 8, а и б.

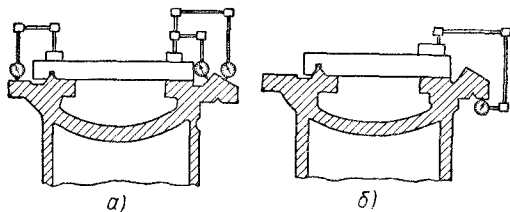
Исправление направляющих токарных станков может быть проведено обработкой на станке (выполнено на месте установки станка или переносным приспособлением или вручную).

Если обработку изношенных направляющих производят на месте с помощью переносного приспособления, то работа выполняется в такой последовательности.

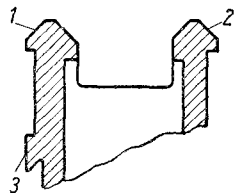
По базовым поверхностям проверяется прямолинейность станины. Станина, имеющая спиральную извернутость, выравнивается с помощью регулируемых или

По неизношенной части этой направляющей производится установка станины при исправлении направляющих обработкой на станке.

У станин II группы базой для установки станины на станке при восстановлении механической обработкой и поверочной базой при восстановлении шабрением слу-



Фиг. 8. Проверка направляющих токарного станка: а — верхних; б — нижних.



Фиг. 9. Сечение станины револьверного станка.

обычных клиньев. Затем базовые поверхности шабрят по контрольной линейке до получения требуемой чистоты, после чего на них устанавливается приспособление, которым производят обработку основных направляющих станка строганием, фрезерованием или шлифованием в зависимости от типа приспособления и величины износа направляющих.

Станины некоторых револьверных станков также имеют малоизнашивающиеся направляющие поверхности, которые легко могут быть восстановлены ручной обработкой шабрением и приняты за базовые. Ряд конструкций станин револьверных станков имеет три направляющие, из которых две 1 и 2 (фиг. 9) расположены вверху и одна 3 сбоку. По обоим верхним направляющим перемещается каретка револьверной головки. По передней верхней и по боковой направляющим перемещается каретка суппорта. Таким образом, передняя верхняя направляющая изнашивается обоими каретками станка, а задняя верхняя направляющая изнашивается лишь кареткой револьверной головки, которая никогда не может подойти вплотную к передней бабке (мешает суппорт). Поэтому часть задней верхней направляющей, расположенная возле передней бабки, не изнашивается и сохраняет свою первоначальную форму и положение, а вся направляющая изнашивается значительно меньше, чем передняя направляющая, и может вследствие этого служить базой для восстановления остальных направляющих.

жит ось шпинделя, материализуемая тем или иным способом. Поэтому исправлению направляющих у таких станин должно предшествовать восстановление узла шпинделя.

Шпиндели станков могут быть монтированы на подшипниках качения или на подшипниках скольжения. Как в том, так и в другом случае радиальное и осевое биение шпинделя в собранном виде должно быть доведено до величин, не превышающих приведенных в табл. 1.

Для обеспечения необходимой точности узла шпинделя производится проверка всех деталей, входящих в этот узел.

Шпиндель не должен иметь биения шеек, превышающего $\frac{1}{3}$ указанных в табл. 1 допусков на радиальное биение в собранном виде. Для проверки биения и овальности шеек шпиндель кладется шейками на призмы. Шпиндель, не соответствующий приведенным условиям, но пригодный для дальнейшей эксплуатации по остальным параметрам, должен быть исправлен путем шлифования шеек. Для шпинделей, работающих в подшипниках скольжения, необходимо после шлифования доводить шейки притирами или мелкозернистыми абразивными брусками.

Шпиндели, работающие в подшипниках качения, должны быть собраны с подшипниками так, чтобы неточности изготовления шпинделя и неточности изготовления внутреннего кольца подшипника взаимно компенсировались. Биение внутренних колец переднего и заднего под-

1. Допускаемые величины биения шпинделей в собранном виде

Наименование станка	Допускаемое радиальное биение в мм	Допускаемое осевое биение при нагрузке шпинделя в направлении рабочего осевого усилия в мм
Револьверные общего назначения	Для станков с отверстием шпинделя под прутки диаметром: до 55 мм . 0,01 до 90 мм . 0,015 св. 90 мм . 0,02	0,01 0,015 0,02
Фрезерные кондовые общего назначения	Для шпинделей с передней шейкой диаметром: до 50 мм 0,01 св. 50 мм 0,015	Для шпинделей с передней шейкой диаметром: до 50 мм 0,01 до 80 мм 0,02 св. 80 мм 0,03
Вертикально-фрезерные повышенной точности	0,01	Суммарная величина биения оси шпинделя и отклонения от перпендикулярности торца шпинделя к его оси: для шпинделей с передней шейкой диаметром до 50 мм 0,015 для шпинделей с шейкой диаметром св. 50 мм 0,025
Фрезерные горизонтальные и универсальные повышенной точности	0,01	0,01
Токарные многогрезцовые	0,015	При диаметре обработки: до 300 мм 0,01 св. 300 мм 0,015

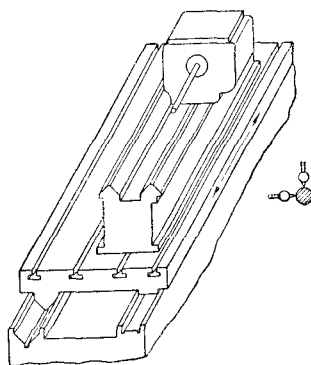
шпинников должно быть одинаково по направлению. Внутренние кольца подшипников должны сидеть на шейках шпинделя настолько плотно, чтобы они не могли провернуться во время работы.

Осевое биение шпинделя может вызываться неточностью изготовления и монтажа деталей, устанавливаемых между кольцами подшипников качения. Торцы распорных втулок и колец должны быть строго параллельны; непараллельность торцов может быть допущена не более 0,01 мм; торцы гаек должны быть перпендикулярны оси резьбы.

Для материализации оси шпинделя при восстановлении направляющих станин II группы, у которых направляющие параллельны оси шпинделя (станины револьверных, многогрезцовых станков и т. п.), используются жесткие или устанавливаемые оправки (см. стр. 614). Выверка установки станины при обработке ее на станке производится по оправке как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскости (фиг. 10). Точность установки станины по оправке должна быть выдержана в пределах 0,01 мм на 300 мм длины.

При ремонте станин II группы, у которых направляющие перпендикулярны оси

шпинделя, для удобства проверки материализуют не ось шпинделя, а плоскость, перпендикулярную к оси шпинделя. Для



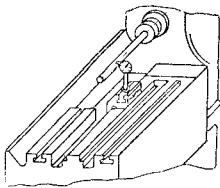
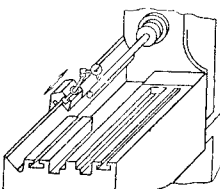
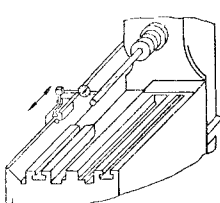
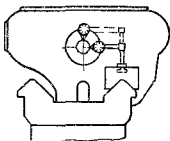
Фиг. 10. Выверка станины револьверного станка по оправке для механической обработки на продольно-строгальном станке.

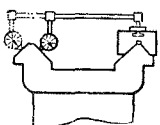
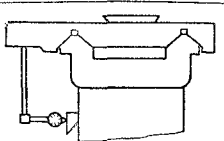
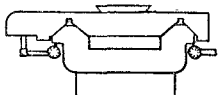
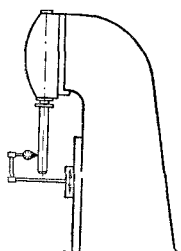
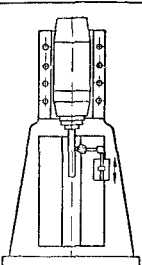
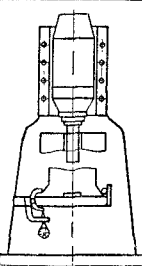
этого применяют устанавливаемую линейку или диск (см. стр. 612).

Все исправляемые поверхности направляющих, которые могут быть проверены непосредственно от приспособления, материализующего ось шпинделя или плоскость, перпендикулярную к этой оси,

2. Проверка правильности положения рабочих поверхностей направляющих станин II группы

Продолжение табл. 2

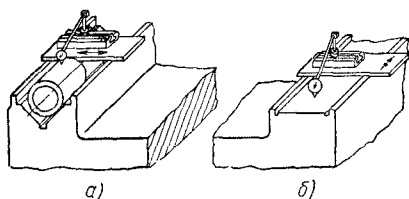
Тип станка	Что проверяется	Схема проверки
Многорезцовый	Верхняя плоскость направляющих	
	Боковая плоскость верхней направляющей	
	Верхняя плоскость боковой направляющей переднего суппорта	
	Боковая плоскость боковой направляющей суппорта	
Ревolverный	Задняя верхняя направляющая	

Тип станка	Что проверяется	Схема проверки
Ревolverный	Передняя направляющая	
	Боковая направляющая	
	Нижние направляющие	
Вертикально-фрезерный	Передняя плоскость вертикальной направляющей	
	Правая боковая плоскость вертикальной направляющей	
	Левая боковая плоскость вертикальной направляющей	

проверяются при помощи этих приспособлений, остальные поверхности проверяются одна по другой.

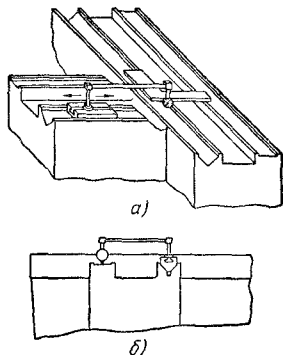
В табл. 2 приведены способы проверки правильности положения рабочих поверхностей направляющих станин станков, у которых направляющие расположены параллельно оси шпинделя. К числу таких станков относятся многорезцовые и револьверные станки с неотъемными передними бабками, вертикально-фрезерные и карусельные станки с неразъемной станиной.

На фиг. 11 приведен способ проверки исправленных плоских (фиг. 11, б) и V-



Фиг. 11. Проверка положения исправленных направляющих относительно базовых: а — призматической; б — плоской.

образных (фиг. 11, а) направляющих станин, относящихся к III группе. При проверке плоскостей направляющих пуговка индикатора скользит по проверяемой поверхности направляющей, а индикатор показывает величину неточности по отношению к базовым поверхностям.



Фиг. 12. Проверка направляющих станины круглошлифовального станка.

При проверке направляющей V-образной формы в направляющую укладывается ролик. Ролик перемещается вдоль

направляющей вместе с планкой, на которой установлен индикатор. Пуговка индикатора касается образующей ролика. Индикатор показывает величину отклонения V-образной направляющей от направления базовых поверхностей. Замеры в этом случае ведутся методом засечек.

На фиг. 12, а приведена проверка перпендикулярности направляющих для шлифовальной головки к направляющим для стола станины круглошлифовального станка (угольник предварительно устанавливается так, чтобы одна его сторона была параллельна V-образной направляющей для стола), а на фиг. 12, б проверка взаимной параллельности V-образной и плоской направляющих у этой же станины.

Обработка направляющих станин на станках

Для исправления изношенных направляющих станин механической обработкой используются продольно-строгальные, продольно-фрезерные и продольно-шлифовальные станки.

Станки должны по своей точности соответствовать нормам, приведенным в табл. 3. При этих условиях отшлифованные станины могут сразу поступать на сборку, а после чистового строгания или фрезерования — лишь на притирку или декоративное шабрение.

Точность обработки станин на станках в большой степени зависит от правильности установки их на столе станка.

Перед установкой станины проверяется состояние баз, по которым станина будет выверяться. Базы должны быть осмотрены, имеющиеся на них забоины зачищены, грязь и коррозия сняты, а точность проверена по поверочным линейкам.

Если станина вследствие неправильной установки была деформирована, ее следует предварительно выправить и только затем подвергнуть обработке.

Крепление станин не должно вызывать деформации ее. Станины являются тяжелыми деталями, а чистовая их обработка на станках производится снятием стружки незначительного сечения, поэтому для крепления станины не следует применять больших усилий зажима. При установке станины на столе станка под подошву станины должны быть подведены подкладки, которые располагают на таком расстоянии друг от друга, чтобы обеспечивалось отсутствие прогиба станины от собственного веса. Подкладки следует

3. Нормы точности станков для чистовой обработки станин

Содержание проверки	Допускаемое отклонение в мм
Плоскостность рабочей поверхности стола	0,01 на длине 1000 мм
Перекосы рабочей поверхности стола при его перемещении: параллельно направлению его движения	0,02 на длине 1000 мм
перпендикулярно направлению движения стола	амплитуда кривой не более 0,035
Параллельность рабочей поверхности стола направлению его движения	0,008 на каждый метр длины строгания
Параллельность поперечины рабочей поверхности стола	0,01 на каждый метр ширины строгания
Перпендикулярность направления перемещения бокового суппорта к рабочей поверхности стола	0,015 на 500 мм длины угольника
Плоскостность обработанных поверхностей	0,01 на 1 м длины строгания
Взаимная перпендикулярность обработанных поверхностей	0,02 на длине 500 мм

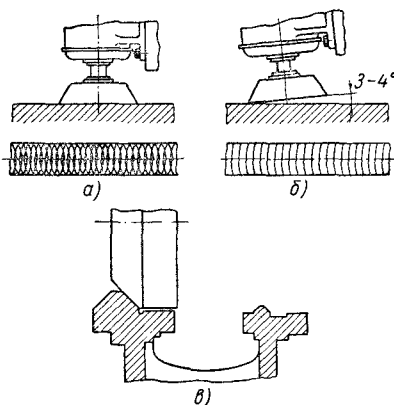
располагать по возможности под вертикальными стенками станины или под ребрами жесткости. Прижимные планки должны устанавливаться над подкладками или как можно ближе к ним. Гайки крепления должны затягиваться ключом нормальной длины. С торцов станины ставят упоры, плотно прилегающие к ним.

Шлифование на станках. Шлифовальные головки на станках, предназначенных или приспособленных для шлифования станин, делают как поворотными, так и неповоротными. Поворотные головки позволяют устанавливать шлифовальный круг под тем или иным углом по отношению к вертикальной оси, что обеспечивает возможность шлифования наклонных плоскостей. При применении неповоротной головки получение необходимого угла обеспечивается соответствующей формой, которая придается шлифовальному кругу правкой, при помощи специального приспособления.

Поворотная головка является более универсальной по сравнению с неповоротной головкой.

Шлифование станин может осуществляться периферией или торцом абразивного круга (фиг. 13).

При шлифовании торцом круг может устанавливаться перпендикулярно плоскости шлифования (фиг. 13, а) или с небольшим ($3-4^\circ$) наклоном по отношению



Фиг. 13. Шлифование: а и б — торцом абразивного круга; в — периферией круга.

к вертикальной оси (фиг. 13, б). При строго вертикальном положении круга получается повышенный нагрев станины и создаются плохие условия для удаления стружки и пыли. Вследствие этого приходится работать на пониженных режимах шлифования. Однако отшлифованная поверхность получается при этом способе шлифования более качественной.

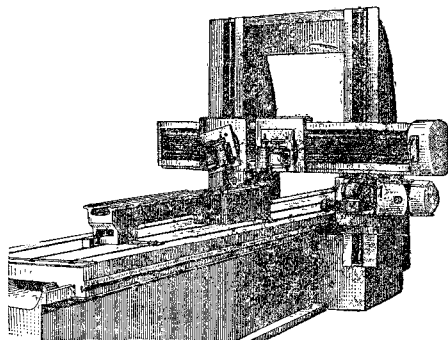
Шлифованием может быть обеспечена чистота поверхностей закаленных направляющих $\nabla\nabla\nabla 8$ и незакаленных $\nabla\nabla\nabla 7$.

Большая распространенность продольно-строгальных станков в ремонтных цехах и мастерских является одной из основных причин широкого использования их для шлифования направляющих станин ремонтируемых станков.

С этой целью строгальные станки оснащают одной или несколькими шлифовальными головками, устанавливаемыми на траверсе станка и боковом суппорте (фиг. 14). Скорость движения стола станка уменьшается до величин, соответствующих подаче при шлифовании.

В тех случаях, когда это позволяет конструкция станка, целесообразно иметь на станке как строгальную, так и шлифовальную головки. Это дает возможность строгать станину, а затем шлифовать ее без переустановки, что сокращает время обработки.

Продольно-строгальные станки часто не имеют устройства для охлаждения. Если конструкция станка позволяет оборудовать систему охлаждения, это необхо-



Фиг. 14. Продольно-строгальный станок, приспособленный для шлифования направляющих.

димо сделать. Наличие охлаждения позволяет увеличить производительность при шлифовании.

Шлифовальные головки, применяемые на продольно-строгальных станках, в большинстве случаев проектируются с расчетом установки на салазки суппорта. Некоторые головки крепятся вместо резцедержателей.

На фиг. 15 приведены конструкции шлифовальных головок, применяющихся для шлифования на продольно-строгальных станках.

При наличии в ремонтно-механическом цехе нескольких продольно-строгальных станков целесообразно приспособить один из станков специально для шлифования направляющих станин.

На фиг. 16 приведена схема переделанного для этой цели продольно-строгального станка модели ЗПС завода имени Свердлова. Строгальные суппорты станка заменены шлифовальными головками, а механический привод стола заменен гидравлическим, что обеспечивает более плавное перемещение стола и необходимый диапазон скоростей перемещения. Механизм подачи шлифовальной головки имеет гидравлический привод.

Продольно-строгальные станки, как правило, не имеют устройств для защиты направляющих от попадания на них пыли. В случае, когда продольно-строгальный станок приспособляется для использования в качестве шлифовального, вопрос предохранения направляющих от абразивной пыли приобретает первостепенное значение, так как попадание абразивной пыли на направляющие ведет к усиленному износу и быстрой потере точности станка.

Предохранение направляющих продольно-строгальных станков при использовании их для шлифования может быть обеспечено оборудованием станка пылеотсасывающим устройством и защитой направляющих от выделяющейся при шлифовании абразивной пыли.

Наиболее распространенными конструкциями защитных устройств направляющих являются телескопические щитки (фиг. 17, а), ленты, перематываемые пружинными барабанами (фиг. 17, б), и гофрированные защитные устройства («гармошки»), изготовляемые из дерматина (фиг. 17, в). Недостатком гофрированных устройств является малый срок их службы. Образование отверстия или разрыва в гофрах резко снижает эффективность этого устройства.

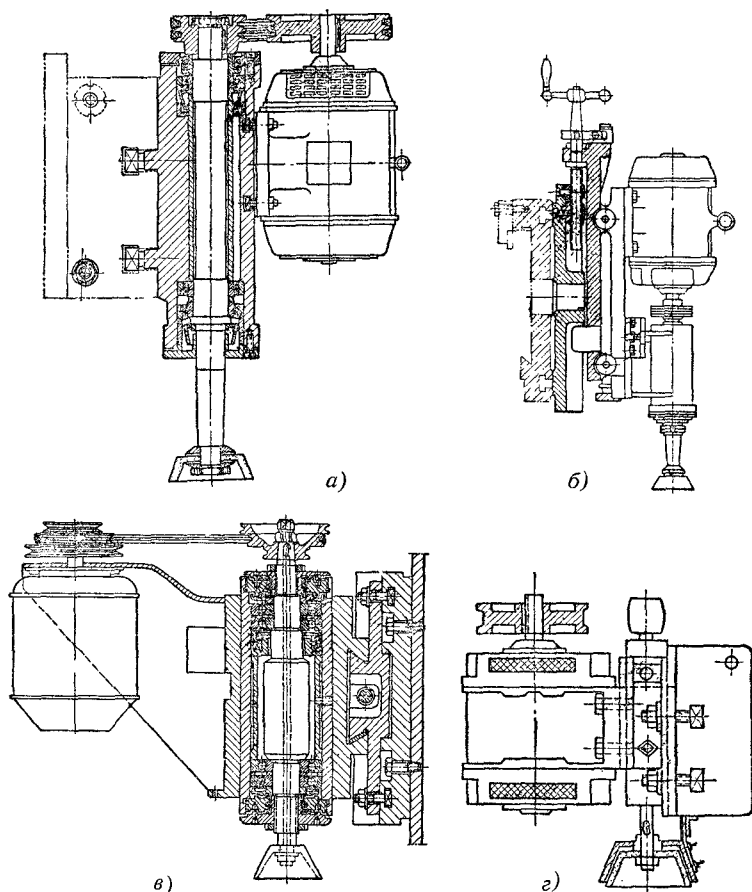
Более надежным в эксплуатации является защитное устройство, приведенное на фиг. 18. Здесь применены ленты, закрывающие направляющие.

Ленты изготавливаются из пружинной термообработанной стали толщиной 0,20—0,35 мм.

В тех случаях, когда конструкция станка не позволяет пропустить защитные ленты внутри станины, как это показано на фиг. 18, их пропускают в трубах, которые заделываются в фундамент станка (фиг. 19, а), или помещают концы их в трубы, заделанные в вертикальном положении в грунт рядом с фундаментом станка (фиг. 19, б). В этом последнем случае натяжка защитных лент 1 производится грузами 2.

На фиг. 20 приведено схематическое изображение упрощенного станка для шлифования направляющих станин, который может быть изготовлен силами ремонтного цеха. Обработываемая станина устанавливается и закрепляется на плите станка.

Существует два основных типа специальных станков для шлифования направляющих: 1) с подвижной траверсой и 2) с подвижным столом.



Фиг. 15. Шлифовальные головки для шлифования на продольно-строгальных станках: б и ж — головки
 е — головка с шесте

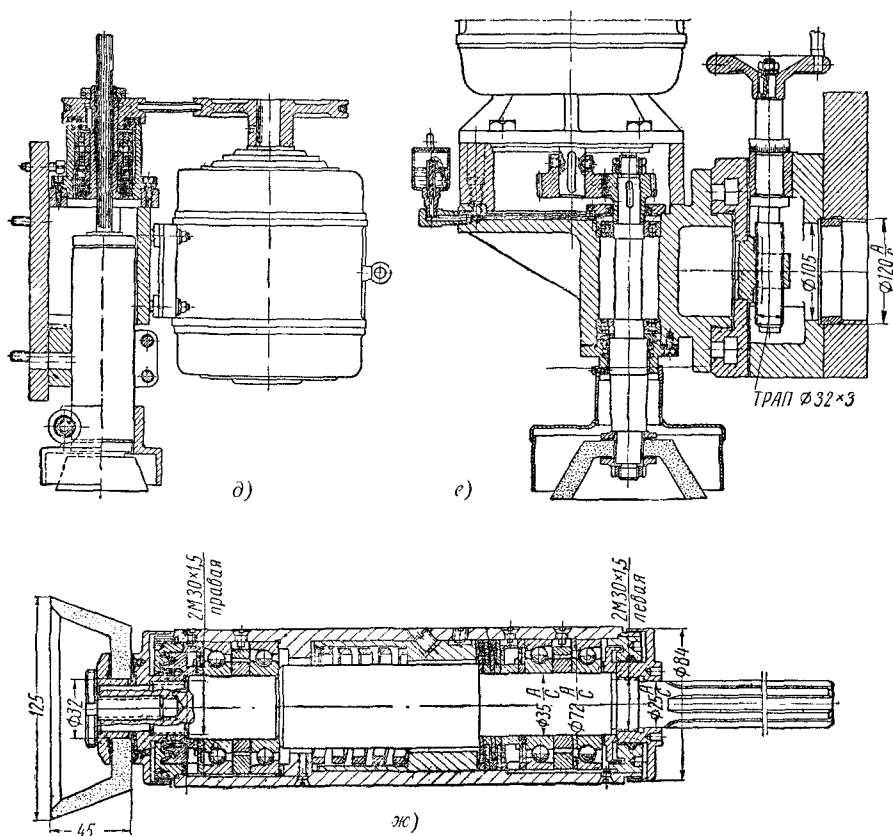
Станки первого типа имеют плиту, на которой устанавливается обрабатываемая станина, выверяемая при помощи регулируемых клиньев. Станина станка должна по длине соответствовать размерам шлифуемых станин. По станине перемещается колонна, на которой крепится траверса, несущая шлифовальные головки.

Абразивная пыль и стружка, образующиеся при шлифовании, отсасываются мощной вентиляционной установкой. Направляющие станины и колонны защищены от пыли и грязи с помощью гофрированных защитных приспособлений.

Станки второго типа близки по конструкции к продольно-строгальным станкам и отличаются от них главным образом наличием шлифовальных головок вместо суппортов для строгания, защитных устройств для направляющих и приспособлений, отсасывающих абразивную пыль.

Эти станки требуют значительно больших площадей и стоят дороже станков первого типа, чем объясняется большая распространенность станков первого типа.

Специальные шлифовальные станки для обработки станин обеспечивают более вы-



с прямым соединением электродвигателя со шпинделем; а, в, г и д — головки с ремennым приводом; ренчатой передачей.

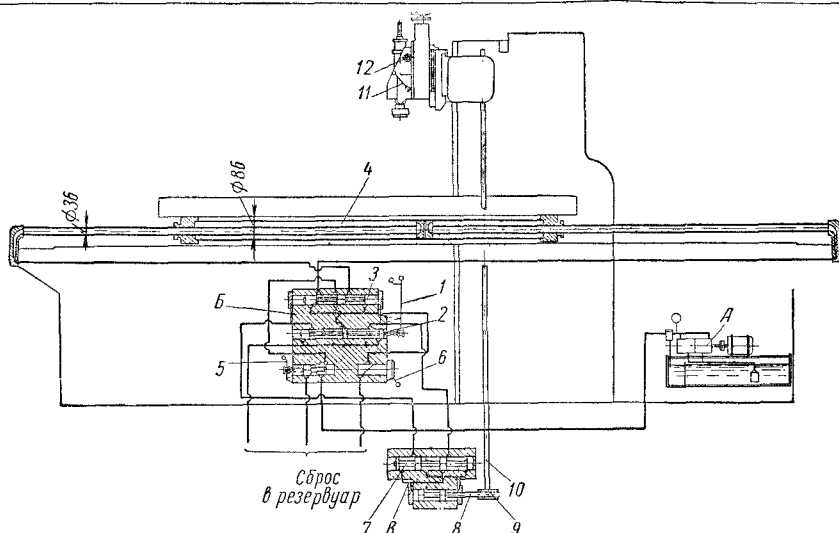
сокую производительность и качество шлифования, чем станки, приспособляемые для этих целей.

Точное строгание. Этот способ обработки направляющих в сочетании с притиркой пастой или декоративным шабрением в несколько раз производительнее исправления направляющих шабрением.

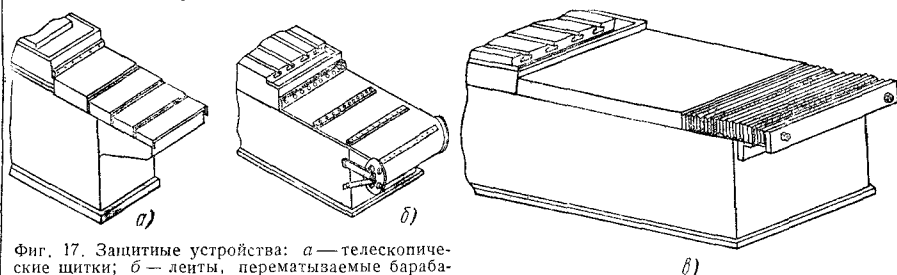
Для получения нужного качества поверхностей строганием необходим прецизионный двустоечный продольно-строгальный станок. При отсутствии прецизионного станка можно использовать для точного строгания обычный строгальный

станок при условии, что он обладает широкими направляющими, жестким столом, жесткой траверсой и достаточно жесткими суппортами. Такой станок следует подвергнуть ремонту, при котором все направляющие плоскости должны быть доведены до степени прямолинейности и плоскостности, обеспечивающей получение необходимой точности по ГОСТ 35-54.

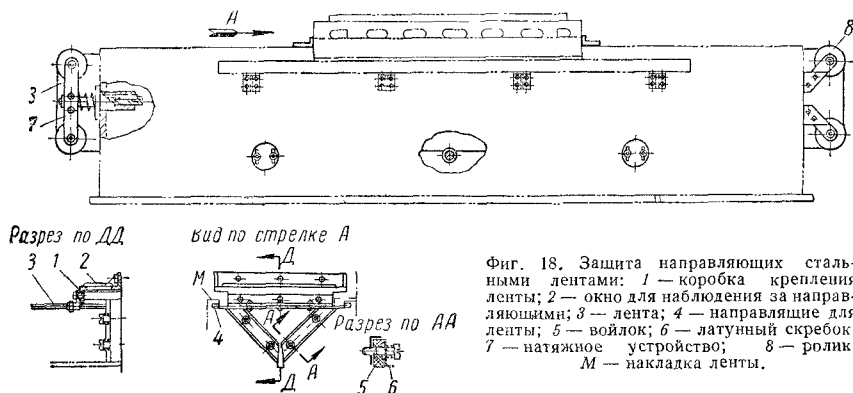
Резец для точной строжки должен иметь тщательно доведенную режущую кромку. Доводка должна производиться не вручную, а на станке или с помощью приспособления, что обеспечит правильную



Фиг. 16. Схема продольно-строгального станка модели ЗПС, приспособленного для шлифования направляющих: 1 — рукоятка ручного управления гидравликой; 2 и 3 — золотники; 4 — цилиндр; 5 — рукоятка пуска стола; 6 — рукоятка регулировки скорости стола; 7 — золотник; 8 — поршень; 9 — шестеренчатая передача; 10 — вал подачи; 11 — суппорт; 12 — шлифовальная головка; А — гидропривод; Б — распределительная коробка; В — механизм подачи.



Фиг. 17. Защитные устройства: *а* — телескопические щитки; *б* — ленты, перематываемые барабанами; *в* — гофрированное защитное устройство.

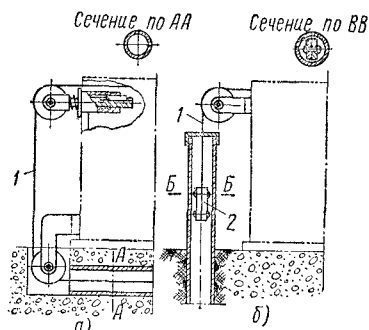


Фиг. 18. Защита направляющих стальными лентами: 1 — коробка крепления ленты; 2 — окно для наблюдения за направляющими; 3 — лента; 4 — направляющие для ленты; 5 — войлок; 6 — латунный скребок; 7 — натяжное устройство; 8 — ролик; М — накладка ленты.

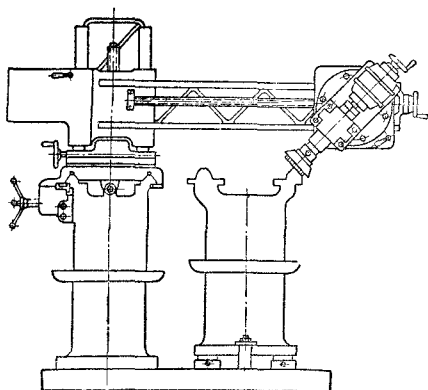
4. Режимы обработки направляющих станин при точном строгании

Форма направляющих	Предварительная обработка				Окончательная обработка			
	Скорость резания v в м/мин	Подача s в мм/дв. ход	Глубина резания в мм	Число проходов	Скорость резания v в м/мин	Подача s в мм/дв. ход	Глубина резания в мм	Число проходов
Плоские	14—18	10—20	0,5—2,0	1—2	8—12	10—16	0,05—0,15	3—5
Призматические	14—18	6—12	0,3—1,5	1—2	8—12	4—8	0,05—0,10	3—5

Примечания: 1. Верхние пределы для v и s соответствуют станкам с достаточной жесткостью и точностью.
 2. Обрабатываемый материал—чугун СЧ 21-40 $H_B = 170 \div 241$.
 3. Окончательная обработка ведется с охлаждением керосином

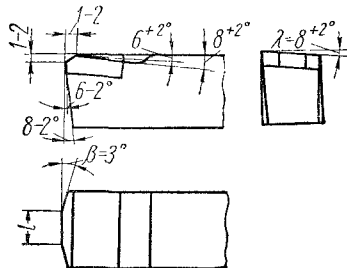


Фиг. 19. Варианты конструкций защиты направляющих стальными лентами: а — ленты 1 пропущены в трубах, заделанных в фундаменте станка; б — концы ленты 1 под действием грузов 2 опускаются в трубы, вертикально заделанные в грунт.



20. Схема упрощенного станка для шлифования направляющих станин.

форму доведенной кромки. Геометрия реза для точного строгания приведена на фиг. 21. Длина прямолинейного участка режущей кромки реза должна быть больше величины выбранной подачи примерно в 1,5 раза. Резцы могут применяться с пластинками твердого сплава ВК6 ВК8. Обработку рекомендуется вести,



Фиг. 21. Геометрия реза для точного строгания.

смачивая обрабатываемую поверхность керосином, подаваемым каплями на резец.

При надлежащем ведении процесса обработки точное строгание обеспечивает чистоту поверхности до $\nabla\nabla\nabla\nabla^*$.

* Некоторые предприятия при исправлении чугунных направляющих применяют скоростное фрезерование, используя для этой цели продольно-строгальные станки, оборудованные фрезерными головками. Необходимые для фрезерования скорости движения стола станка обеспечиваются обычно установкой редуктора с дополнительным электродвигателем. В качестве инструмента используют трехрезцовую головку с резцами из твердых сплавов ВК6 или ВК8. Резцы рекомендуются применять со следующей геометрией: радиальный передний угол 5° , главный угол в плане 60° , главный задний угол 16° , торцовый угол в плане 5° , задний угол торцевой кромки 14° . Режимы резания: глубина резания при чистовом проходе 0,05—0,07 мм; подача (скорость движения стола) при чистовом проходе 0,09—0,1 мм/дв.ход; скорость резания 200—250 м/мин.—Ред.

Механическая обработка направляющих станин с помощью переносных приспособлений

С помощью переносных приспособлений направляющие станков могут обрабатываться строганием, фрезерованием, шлифованием и протягиванием.

Наибольшее распространение получили приспособления для обработки направляющих станин шлифованием.

В практике применяются приспособления с ручным и механическим перемещением.

Приспособления с механическим приводом могут иметь:

1) цепной привод (звездочка, смонтированная на приспособлении, перекачивается по цепи, натянутой вдоль обрабатываемой станины);

2) канатный привод (перемещение по обрабатываемой станине осуществляется с помощью каната, наматываемого на барабан);

3) шестеренчатый привод (перемещение в результате перекачивания шестерни привода по зубчатой рейке, укрепленной на станине);

4) винтовой привод (перемещение осуществляется при помощи гайки и винта, монтируемого на обрабатываемой станине).

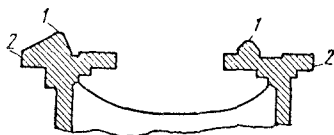
В качестве основания для приспособления используется специально изготовленная плита или деталь ремонтируемого станка, например подушка задней бабки при ремонте токарного станка.

Обработка направляющих станин токарных станков. При ремонте станин токарных станков наиболее распространенных типов базой для перемещения приспособлений в большинстве случаев служат направляющие задней бабки ремонтируемого станка.

Процесс восстановления изношенных направляющих начинается, как уже указывалось, с выверки станины. При этом пользуются подушкой задней бабки, на которую устанавливают прецизионный рамный уровень. После этого производят шабрение направляющих задней бабки по контрольной линейке, проверяя одновременно их спиральную извернутость. По исправленным направляющим пришабривается подушка задней бабки, которая в дальнейшем используется как основание для приспособления.

При значительном износе направляющих задней бабки они не могут служить базой. В этих случаях (сравнительно редких) вместо подушки задней бабки в качестве основания для приспособления

используют плиту, перемещающуюся по вершинам призматических направляющих станины (фиг. 22). При этом предвари-

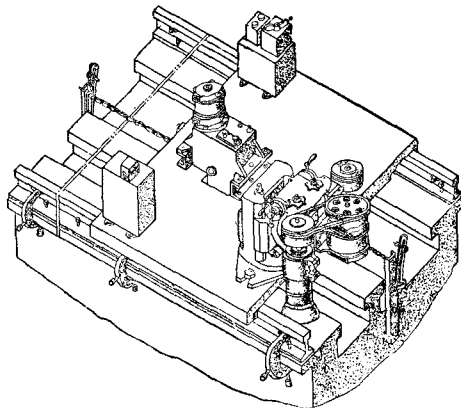


Фиг. 22. Базирование приспособления для обработки направляющих по вершинам призматических направляющих: 1 и 2 — поверхности, на которых базируется приспособление.

тельно по линейке производится шабрение вершин призм 1 и боковых плоскостей 2.

Крупные токарные станки часто имеют плоские направляющие, общие для салазок суппорта и задней бабки. Для обработки таких направляющих с помощью переносных приспособлений приходится прибегать к созданию искусственных баз.

В качестве искусственных баз нередко используются специально подготовленные рельсы, отшабреными по рабочим поверхностям. Рельсы изготавливаются отрез-

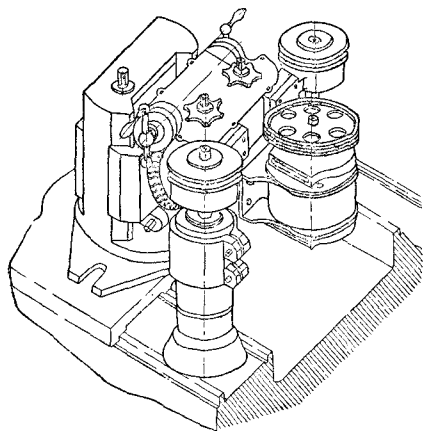


Фиг. 23. Шлифование станин с плоскими направляющими.

ками и могут соединяться между собой, образуя направляющие соответствующей длины (фиг. 23). По рельсам, как по базовым поверхностям, перемещается плита, на которой смонтированы соответствующие аппараты для обработки направляющих.

Используя искусственные базы, обрабатывают основные рабочие поверхности станин, после чего рельсы переустанавливают и обрабатывают те поверхности, которые первоначально находились под

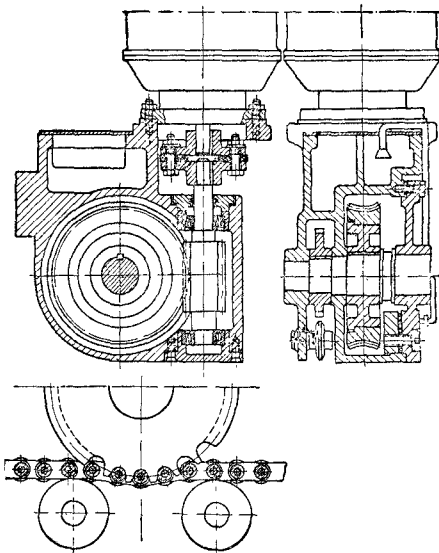
Шпиндель устанавливается в левый или правый кронштейн в зависимости от необходимости. Приспособление имеет следующую характеристику: максимальное вертикальное перемещение шпинделя 105 мм; максимальный угол наклона шлифовального шпинделя 90°; цена деления лимба вертикальной подачи 0,005 мм; мощность мотора 2,7 кВт; число оборотов мотора $n = 1450$ в минуту; скорость вращения абразивного круга 20 м/сек; подача абразивного круга ручная.



Фиг. 34. Приспособление для шлифования станин.

участок станины, перенеся пружинный упор для переключения возвратно-поступательного движения и укрепив его на станине в нужном месте.

Обработка нижних направляющих станин. Работа по исправлению нижних направляющих станин значительно облегчается и упрощается применением вместо



Фиг. 35. Механизм перемещения базовой плиты.

Кроме рабочего аппарата (строгального, фрезерного или шлифовального), на базовой плите монтируется механизм перемещения (фиг. 35). Механизм перемещения имеет следующую характеристику: мощность электродвигателя 1,2 кВт; $n = 1450$ об/мин; скорость перемещения 7,5 мм/мин; цепь роликовая с шагом $\frac{5}{8}$ ".

Механизм перемещения, смонтированный на базовой плите, сообщает всему приспособлению возвратно-поступательное движение. При этом переключение прямого хода на обратный происходит автоматически переключением двигателя с помощью магнитной станины.

Так как базовая плита во время работы приспособления закрывает собой часть станины, эта часть обрабатывается после того, как вся станина окончательно прошлифована. Для обработки этой части станины переставляют шлифовальный аппарат на другой край базовой плиты и шлифуют оставшийся необработанный

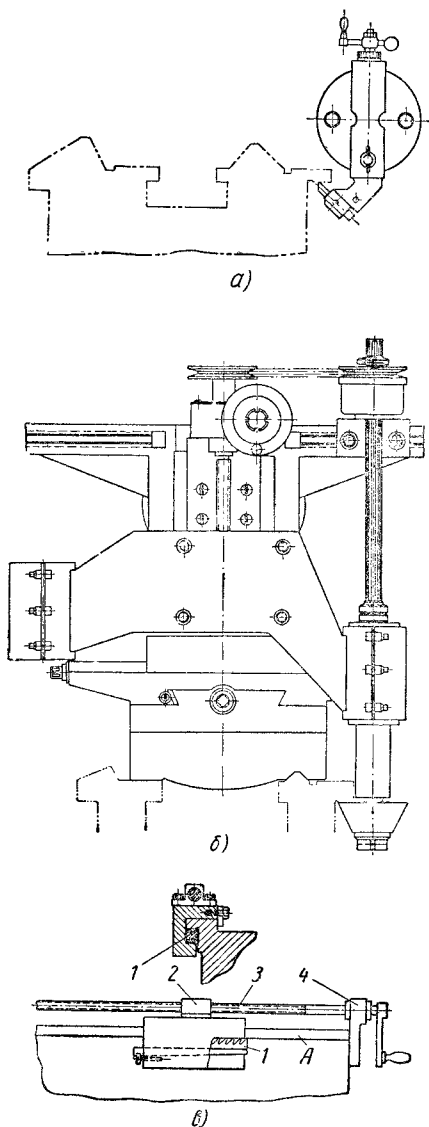
шабрения строгания, шлифования или наружного протягивания (фиг. 36). Аппарат для строгания нижних направляющих, показанный на фиг. 36, а, устанавливается на приспособлении, приведенном на фиг. 24. На фиг. 36, б показано шлифование нижних направляющих при помощи шлифовального приспособления, применение которого для шлифования верхних направляющих показано на фиг. 26. Фиг. 36, в показывает применение для обработки нижних направляющих плоской протяжки.

На фиг. 37 приведено специальное приспособление для строгания нижней направляющей револьверного станка.

Приспособление крепится двумя струпцинами к салазкам отрезного суппорта (вместо фартука), которые перемещаются по предварительно исправленным верхним направляющим. Ролик 1, перекачиваясь по отшабренной боковой плоскости, ужесточает конструкцию. Резец 2

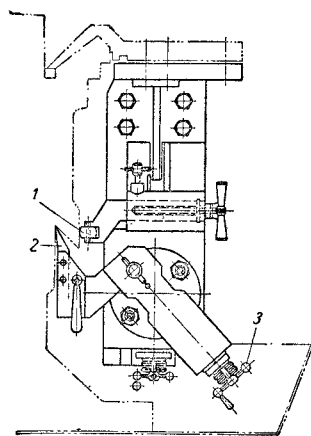
крепится в специальном резцедержателе, отбрасываемом при обратном ходе при-

ного суппорта с закрепленным на них приспособлением перемещаются вручную.



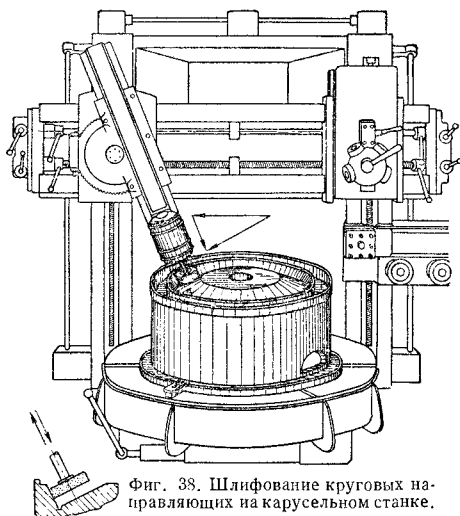
Фиг. 36. Обработка нижних направляющих: а — с помощью строгального приспособления; б — шлифовальным приспособлением; а — наружной протяжкой; 1 — протяжка; 2 — гайка; 3 — винт; 4 — кронштейн.

способления. Движение подачи осуществляется рукояткой 3. Салазки отрез-



Фиг. 37. Приспособление для обработки нижней направляющей револьверного станка.

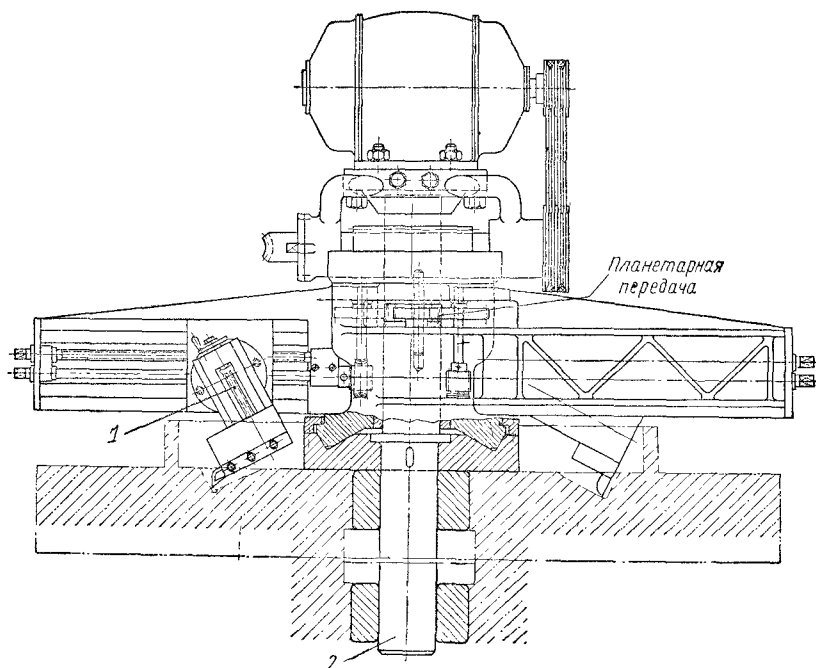
Обработка круговых направляющих станков. Изношенные круговые направляющие столов карусельных, зубообрабатывающих, плоскошлифовальных станков с круглым столом и других подобных



Фиг. 38. Шлифование круговых направляющих на карусельном станке.

станков могут быть исправлены механической обработкой на станках или с помощью специальных приспособлений.

Точарная обработка направляющих должна вестись аналогично тому, как



Фиг. 39. Приспособление для проточки круговых направляющих.

ведется чистовое строгание станин резцами с широкой режущей кромкой, что позволяет ограничиться после проточки лишь чистовым шабрением или притиркой пастой ГОИ. Установка суппортов карусельного станка под нужным углом производится по шаблону, изготовленному по предварительно исправленным направляющим стола.

Карусельный станок может быть легко приспособлен для шлифования круговых направляющих. Для этого достаточно оборудовать его шлифовальной головкой (фиг. 38).

При отсутствии карусельных станков обработка круговых направляющих может производиться при помощи приспособлений.

На фиг. 39 приведена конструкция специального приспособления для проточки круговых направляющих. Приспособление имеет механический привод и автоматическую подачу. Последняя осуществляется от планетарной передачи через червячную пару, от которой получает вращение винт 1.

Для установки приспособления в центральное отверстие станины предвари-

тельно запрессовываются две втулки с внутренним диаметром, равным диаметру вала 2, в которых центрируется приспособление.

Исправление направляющих станин обработкой вручную

Шабрение направляющих станин. Существует два основных способа выполнения шабровочных работ: шабрение по контрольному инструменту и шабрение по предварительно исправленной (отшабренной или шлифованной) сопряженной детали.

Преимуществом применения последнего способа является более правильное взаимное положение шабруемых поверхностей, достигаемое в некотором смысле почти автоматически, в то время как при выполнении шабровочных работ по контрольному инструменту требуется постоянное наблюдение в процессе шабрения за правильною направлением (взаимного положения) шабруемых поверхностей, что значительно усложняет работу.

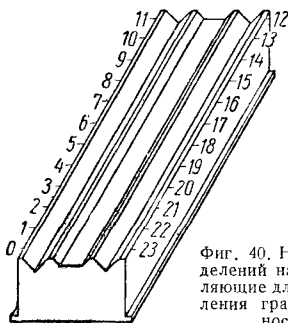
Однако, несмотря на указанное преимущество шабрения по сопряженной детали

этот способ имеет и существенные недостатки. Его можно применять лишь в случаях, когда сопряженная деталь имеет достаточно большую длину. Для обеспечения прямолинейности шабруемой поверхности, кроме проверок на краску по сопряженной детали, требуется периодически производить дополнительные проверки по уровню и т. д.

Кроме того, применительно к шабрению направляющих станин данный способ имеет еще и тот недостаток, что сопряженная деталь, по которой должно производиться шабрение (столы и т. п.), имеет обычно большой вес, что вызывает необходимость пользоваться краном. Поэтому в большинстве случаев шабрение направляющих станин производят не по сопряженной детали, а по контрольному инструменту.

Построение графика износа направляющих станины. Для правильной ориентировки при исправлении изношенной станины после разборки ремонтируемого станка проверяют величину износа и непараллельности направляющих, а для длинных станин составляют график, отражающий эти величины.

Проверка величины износа и непараллельности направляющих может производиться линейкой и щупом, уровнем, оптическими приборами.



Фиг. 40. Нанесение делений на направляющую для составления графика износа.

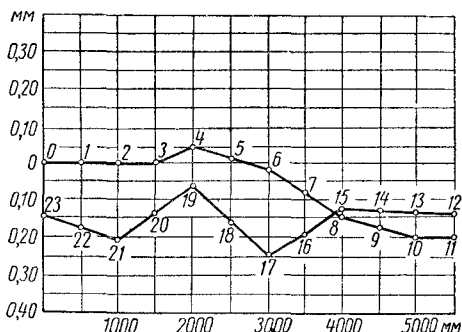
По результатам замеров строится график в системе прямоугольных координат.

Для построения графика износа на направляющих наносятся мелом деления, расстояния между которыми при длине станины от 2000 до 5000 мм берутся равными 500 мм и при длине станины свыше 5000 мм 1000—1500 мм. Деления нумеруются (фиг. 40). Замеры производятся последовательно на каждом делении.

По оси ординат откладываются в определенном масштабе величины отклонения, а по оси абсцисс — расстояния между делениями (фиг. 41).

Анализируя график, судят о расположении наиболее изношенных участков направляющих и величинах износа.

При шабрении следует пользоваться плоскостным инструментом максимальной



Фиг. 41. График износа направляющих.

длины, близким по длине к шабруемым направляющим, что обеспечивает наиболее хорошие результаты. Однако в практике такого инструмента может не оказаться. Кроме того, это является практически неосуществимым при ремонте станин большой длины. В таких случаях работу ведут имеющимся контрольным инструментом способом перекрытия шабруемой поверхности или способом базовых площадок.

Способ перекрытия шабруемой поверхности заключается в следующем. Отшабривают часть направляющей, соответствующую длине контрольного инструмента, затем перемещают контрольный инструмент на $\frac{1}{3}$ своей длины, оставляя $\frac{2}{3}$ длины инструмента на уже отшабренной части направляющих. Продолжая так перемещать контрольный инструмент, постепенно отшабривают направляющие на всей длине.

Способ базовых площадок («маяков») применяется, когда шабруемые поверхности значительно превышают по длине имеющийся в наличии плоскостной инструмент. Исправление поверхностей производится способом создания промежуточных базовых площадок, играющих роль ориентиров в процессе шабрения плоскости. При применении этого способа сначала вышабриваются базовые площадки строго в одной плоскости на расстоянии друг

от друга, не превышающем длину плоскостного инструмента. Затем шабрятся перемычки между базовыми площадками так, чтобы образовалась одна общая плоскость.

Таким образом последовательно, от одной пары площадок («маяков») к другой, отшабрируется вся плоскость.

Способ базовых площадок позволяет исправлять шабрением направляющие длинных станин, столов, траверс, производить шабрение больших контрольных плит и других подобных деталей.

При подготовке базовых площадок удобнее всего пользоваться оптическими приборами, позволяющими наиболее просто контролировать расположение площадок в одной плоскости.

Первая базовая площадка делается на наиболее изношенном участке направляющих, определяемом по графику износа. Создав первую базовую площадку, устанавливают на нее вежу и совмещают крест нитей трубы с соответствующими нитями (рисками) вежи. Подготавливая следующую площадку, переносят вежу на нее и с помощью трубы определяют ее положение. Шабливанием площадок добиваются полного совпадения положения вежи на обеих площадках.

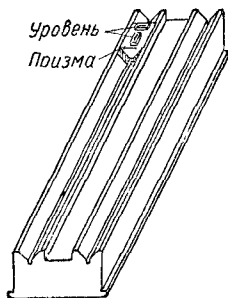
При отсутствии оптических приборов базовые площадки на плоских направляющих подготавливаются с помощью линейки-мостика и уровня. Для установки уровня на верхней части мостика должна иметься площадка, параллельная его рабочей поверхности.

Отшабрив первую базовую площадку по уровню, устанавливаемому в продольном и поперечном направлениях, приступают к отшабриванию второй базовой площадки. При этом в процессе шабрения периодически устанавливают линейку-мостик на две строго одинаковые подкладки, из которых одна располагается на готовой базовой площадке, а вторая на подготавливаемой. На площадке-мостике устанавливается прецизионный рамный уровень, по показаниям которого определяется положение подготавливаемой второй базовой площадки.

На призматических направляющих базовые площадки подготавливают следующим образом: по наименее изношенному участку станины изготавливают две короткие (200—300 мм) одинаковые призмы. По одной из этих призм отшабривается первая базовая площадка. Положение призмы в горизонтальной плоскости проверяется прецизионным уровнем, уста-

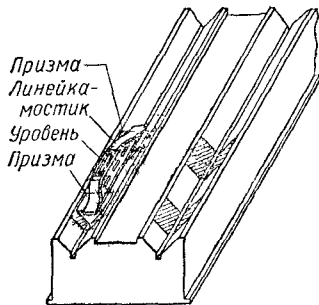
навливаемом в продольном и поперечном направлениях (фиг. 42).

Отшабрив первую базовую площадку, намечают место и приступают к шабрению второй площадки по второй призме, проверяя продольное и поперечное положение ее с помощью уровня, а правильность



Фиг. 42. Подготовка базовой площадки на V-образной направляющей.

расположения второй базовой площадки по отношению к первой с помощью линейки-мостика и уровня (фиг. 43). Одновременно должно проверяться совпадение осей обеих базовых площадок в горизон-

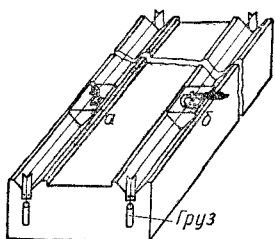


Фиг. 43. Подготовка второй базовой площадки на V-образной направляющей при помощи линейки-мостика и уровня.

тальной плоскости, для чего вдоль направляющей натягивается струна (фиг. 44). Совпадение осей обеих площадок *a* и *b* в горизонтальной плоскости проверяется с помощью микроскопа, для чего может быть использован микроскоп, с помощью которого измеряют диаметры лунок при испытании металла на твердость прибором Бринеля. Проверку можно производить (если струна достаточно натянута) также с помощью закрепленного на призме микрометра.

После того как отшабрена одна направляющая, при помощи линейки, уровня

и шупа создают базовые площадки на второй направляющей, соответствующие базовым площадкам первой направляющей.



Фиг. 44. Проверка правильности положения маяков на V-образной направляющей при помощи струны.

Притирка пастами ГОИ. Притирка не заменяет шабрения, но значительно сокращает время, необходимое на нее, позволяя ограничиваться шабрением до получения двух-трех пятен на квадрат 25×25 мм, после чего поверхности покрываются пастой и подвергаются притирке. Если для перемещения притираемых деталей удастся применить механическое возвратно-поступательное перемещение деталей, то время, требующееся на исправление направляющих таким способом, по сравнению с исправлением шабрением оказывается меньше в 5—10 раз.

Наиболее эффективной является притирка с помощью механизмов самого ремонтируемого станка. Таким способом обычно притирают столы и станины строгальных станков, столы и направляющие станин карусельных станков, салазки суппортов и траверсы строгальных станков и т. д. Притирка производится до сборки всего станка. Притираемые детали предварительно шабруются до получения двух-трех пятен на квадрат 25×25 мм, покрываются пастой и собираются в узлы. Притирка осуществляется пуском в ход соответствующего привода. При этом необходимо строго следить за своевременным обновлением пасты, так как механизм станка способен преодолеть начавшееся заедание, что может повести к серьезному повреждению притираемых поверхностей.

Ручная обработка направляющих, имеющих высокую твердость. При отсутствии оборудования и приспособлений для шлифования закаленных направляющих их исправление может производиться ручной обработкой шаберами с пластинками из твердых сплавов или абразивными кругами.

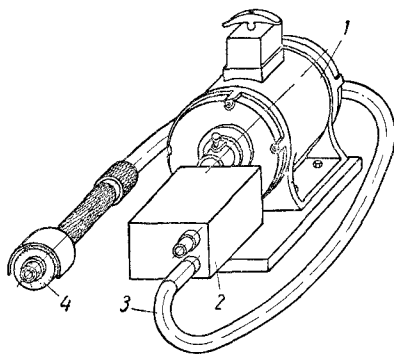
Для шаберов в данном случае применяются пластины твердого сплава марок ВК6 и ВК8. Припайка их производится медным припоем. Заточку таких шаберов ведут карборундовыми абразивными кругами, а доводку — на притире с карбидом бора.

Ручная обработка закаленных направляющих абразивными кругами может производиться и при помощи электрифицированного инструмента с гибким валом точечным шлифованием аналогично процессу шабрения по краске. Этот способ обработки закаленных направляющих более производительен, чем первый.

Абразивные круги применяются диаметром 40—60 мм. По мере перехода к более тонкой и чистой обработке поверхности круги крупнозернистые заменяются мелкозернистыми.

Вместо абразивных кругов могут использоваться войлочные круги, на которых накатываются на клею в веществе (жидком стекле, столярном или мездровом клее) соответствующие данной операции шлифпорошки.

На фиг. 45 приведено одно из приспособлений, применяющихся для такой обра-



Фиг. 45. Приспособление для точечного шлифования направляющих: 1 — электродвигатель; 2 — ускорительный редуктор; 3 — гибкий вал; 4 — шлифовальный круг.

ботки направляющих. Шлифовальный круг приводится здесь во вращение электродвигателем мощностью 0,85 кв (3000 об/мин) через редуктор, обеспечивающий восемь скоростей (от 850 до 9100 об/мин).

Заделка задиrow у направляющих станин

При эксплуатации металлорежущего оборудования приходится сталкиваться со случаями появления задиrow на рабочих поверхностях направляющих. Осо-

бенно часто появляются задиры на направляющих станин продольно-строгальных и продольно-фрезерных станков. Задиры образуются как на направляющих станка, так и на сопряженных с ними поверхностях столов, суппортов и т. п. Своевременно не ликвидированные или не нейтрализованные задиры увеличиваются в размерах и содействуют появлению новых. Задиры на направляющих возникают из-за контактного схватывания однородных или близких по структуре и свойствам металлов в результате местного увеличения давления между трущимися поверхностями. Последнее может иметь место, в частности, при нарушении прямолинейности направляющих вследствие их износа или перекосов из-за неравномерной осадки фундамента.

Возникновение задиrow по указанным причинам может быть предупреждено наблюдением за исправностью смазочной системы и чистотой заливаемого в смазочную систему масла, за состоянием кровли цеха, а также путем устройства защитных приспособлений, а при ремонте установкой пластмассовых наделок (см. раздел «Изготовление и применение при ремонте оборудования неметаллических деталей»).

Извернутость станины может образоваться в процессе эксплуатации станка вследствие неравномерного оседания фундамента. Поэтому станки с длинными станинами должны устанавливаться, как правило, на регулируемых башмаках без заливки станин цементным раствором. При такой установке имеется возможность периодически исправлять образовавшуюся извернутость станины.

Проверку станин длинных станков на прямолинейность и спиральную извернутость с целью предупреждения задиrow следует производить ежемесячно.

Если обнаруживается извернутость станины, смонтированной на подкладках с заливкой цементным раствором, необходимо освободить от цементной заливки участки станины, оказавшиеся ниже общего ее уровня, подклинить их до получения правильного положения станины, после чего вновь залить цементным раствором.

Образовавшиеся задиры устраняются механической или ручной обработкой направляющих или заделываются. Устранение задиrow путем механической обработки направляющих не всегда целесообразно, так как при этом с рабочих поверхностей направляющих снимается значительный слой металла, что при частом выполнении может приводить к значитель-

ному сокращению срока службы станка. Поэтому во многих случаях предпочитают производить заделку задиrow.

Заделка задиrow на рабочих поверхностях направляющих обычно осуществляется одним из двух способов: запайкой или металлизацией.

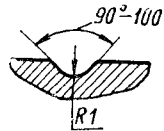
Запайка задиrow может производиться баббитом, желательно высокооловянистым (Б83), в качестве флюса при этом применяется хлористый цинк.

Для подготовки поверхности к запайке производят разделку задиrow, обезжиривание поверхности и снятие окислов.

Разделка задиrow производится шабером. При этом задиру должна быть придана форма, показанная на фиг. 46.

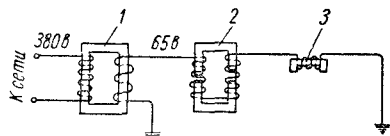
Для обезжиривания на поверхность, подлежащую запайке, насыпают кальцинированную соду и разбавляют ее водой до образования кашицы, затем металлической щеткой протирают поверхности задиrow и смывают содовый раствор водой. Эту операцию повторяют несколько раз до получения вполне чистой поверхности. Обезжиривание можно производить также высококачественным бензином (желательно марки Б-70).

При запайке задиrow на деталях, имеющих небольшую массу, процесс можно вести без предварительного подогрева детали. Тепло, выделяемое паяльником, в этих случаях обеспечивает прогрев поверхности задира. При запайке задиrow в деталях крупных габаритов, представляющих собой большую массу металла (станины станков и т. д.), необходимо перед пайкой производить предварительный подогрев запаиваемой поверхности. Для этого может быть использован метод индукционного нагрева, осуществляемый с помощью катушки, питаемой от пониженного сварочного трансформатора типа СТ-25. Нагрев детали регулируется при этом изменением сопротивления цепи с помощью регулятора, соединенного с трансформатором (фиг. 47). Температура нагрева проверяется по интенсивности испарения капль воды на нагретой поверхности. Если на прогретой поверхности направляющей заметно окисление, надо войлочным тампоном, смоченным в 10%-ном растворе соляной кислоты, снять окисел с запаиваемой поверхности и обработать ее флюсом.



Фиг. 46. Форма разделки задира перед запайкой.

По достижении необходимой температуры подогрева на поверхность задира наносят кисточкой или войлочным тампоном флюс, количество которого должно быть минимальным, так как он при испарении оставляет соль, отрицательно влияющую на качество пайки.

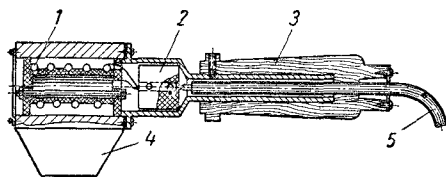


Фиг. 47. Схема включения катушки для индукционного нагрева запайваемых поверхностей направляющих станин: 1 — трансформатор; 2 — регулятор; 3 — индукционная катушка.

Во время работы нельзя касаться руки поверхности, подготовленной к запайке, так как жировые пятна могут отрицательно повлиять на качество запайки.

Для запайки задира на направляющих станин применяются специальные массивные электропаяльники весом около 1,5—2 кг и мощностью до 0,5 кВт (фиг. 48), питающиеся от сети через понижительный трансформатор.

Баббит расплавляется паяльником таким образом, чтобы капельки его попадали в канавки задира. При этом паяльник



Фиг. 48. Конструкция специального электропаяльника: 1 — нагревательная спираль; 2 — изолятор; 3 — рукоятка; 4 — головка паяльника; 5 — шнур.

вводят в расплавленном припое вдоль задира, чтобы теплота паяльника передавалась через расплавленный припой основному металлу. После нанесения таким способом тонкого слоя баббита (лужения) заполняют задр окончательной, так, чтобы на всем протяжении канавки наплавленный баббит был выше уровня плоскости направляющих.

Заделка задира в металлизацией производится следующим образом. Задр готовят путем разделки таким образом, чтобы стенки разделанной канавки по возможности образовали между собой угол 90°. Поверхности ка-

навки должны быть обезжирены и сделаны шероховатыми. Это достигается путем выжигания масла легким нагревом паяльной лампы или газовой горелки и пескоструйной очисткой. Для предохранения станины от воздействия песка накрывают при этом участок станины листовой резиной или плотным картоном с вырезом по форме канавки задира. При отсутствии переносной пескоструйной установки шероховатости стенок разделанных канавок создаются насечкой вручную.

Обезжиривание может проводиться промывкой бензином или ацетоном.

Чтобы металл при металлизации не попал на направляющие, пользуются экраном. Последующая обработка поверхности заделанных направляющих производится шлифованием или с помощью шаберов.

Повышение износоустойчивости направляющих станин

В ремонтной практике в настоящее время применяются следующие способы повышения износоустойчивости направляющих станин в процессе ремонта: поверхностная закалка направляющих станин, установка закаленных пластин в качестве направляющих и электроискровое упрочнение направляющих станин.

Закалка направляющих станин до твердости $R_C = 40 \div 55$ значительно удлиняет срок их службы. Такая твердость может быть достигнута газопламенной закалкой направляющих или закалкой их при нагреве т. в. ч.

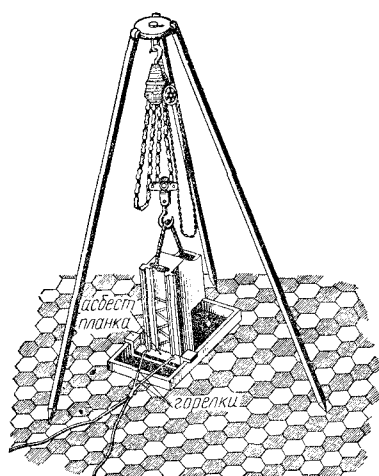
Газопламенная закалка направляющих станин. Газопламенная закалка направляющих обычно производится с нагревом ацетилено-кислородным или керосино-кислородным пламенем.

Наиболее простой способ закалки направляющих станин, с нагревом ацетилено-кислородным пламенем, приведен на фиг. 49.

При закалке направляющих этим способом закаливается станина подвешивается на тали и по мере нагрева горелками рабочих поверхностей направляющих опускается в ванну с водой.

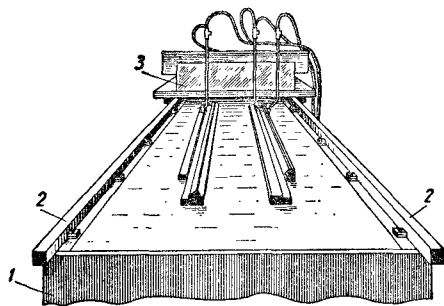
Нагрев ведется одновременно двумя или более горелками. Для удобства работы применяется металлический щит из листового железа с вырезом по форме закаливаемой части станины. Щит опирается на борта ванн. Сверху щит покрывается асбестом. Нагрев производится поверх щита. Скорость опускания станины в ванну должна быть такой, чтобы

направляющие нагревались до светло-красного цвета (этому соответствует скорость опускания станины около 100 мм/мин).



Фиг. 49. Закалка направляющих станины токарного станка ацетилено-кислородным пламенем.

На фиг. 50 показана закалка направляющих станины токарно-винторезного станка на специальной закалочной установке, состоящей из ванны 1 и закаливающего агрегата 3. На бортах ванны установлены рельсы 2, служащие направляющими для перемещения закаливающего агрегата.



Фиг. 50. Закалка направляющих станины ацетилено-кислородным пламенем на специальной установке.

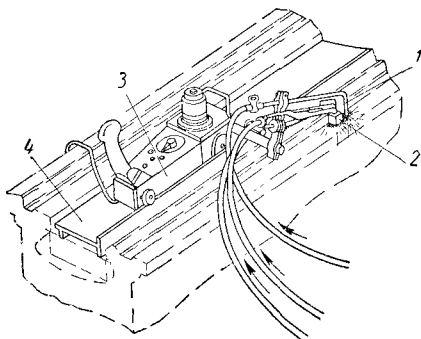
Закаливающий агрегат представляет систему горелок, количество и расположение которых определяется конфигурацией закаливаемой станины. За горелками помещаются трубки, по которым на направляющие подается охлаждающая вода. Закаливаемая станина устанавливается

в ванну, наполненную водой так, чтобы над водяным зеркалом выступали лишь направляющие.

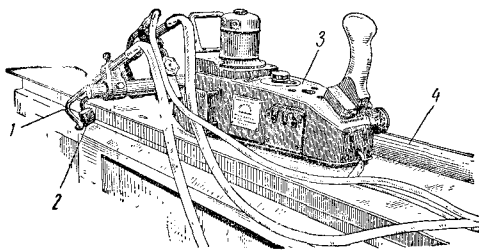
Керосино-кислородное пламя может обеспечить нагрев до температуры 2400° С. Это даст возможность применить его для нагрева чугунных станин под закалку.

Для закалки направляющих станины с помощью керосино-кислородного пламени требуется:

- 1) бачок с керосином, используемый для огневой резки;
- 2) баллон с кислородом под давлением 150 ат с редуцированием на 5—6 ат;
- 3) горелка, позволяющая смешивать пары керосина с кислородом;
- 4) полуавтомат типа сварочного трактора (например, С-4), переделанный для получения минимальной скорости передвижения до 25 м/мин;
- 5) направляющая — сварная балка из 3-миллиметровой стали, отрифтованная с точностью до 0,5 мм, служащая для



Фиг. 51. Схема закалки направляющих станины керосиновым пламенем при помощи сварочного трактора: 1 — водяное сопло; 2 — горелка; 3 — сварочный трактор; 4 — направляющая для перемещения сварочного трактора.



Фиг. 52. Закалка направляющих станины керосиновым пламенем: 1 — водяное сопло; 2 — горелка; 3 — сварочный трактор; 4 — направляющая для перемещения сварочного трактора.

перемещения по ней сварочного трактора; балка кладется на станину или параллельно ей с точностью до 2—3 мм (фиг. 51 и 52).

К полуавтомату крепится горелка и труба, по которой подается вода. Конец трубы сплющивается для образования сопла, обеспечивающего подачу воды широкой струей. Скорость передвижения горелки подбирается опытным путем по цвету нагретого металла; изменение скорости перемещения обеспечивается реостатом, встроеным в полуавтомат.

Расстояние от центра струи воды, охлаждающей станину, до ядра пламени должно быть порядка 15—20 мм.

По практическим данным отдела главного механика Харьковского завода транспортного машиностроения при закалке направляющих этим способом глубина закаливаемого слоя составляет 4—4,5 мм, твердость $R_C = 40 \div 45$. Деформация станины станка 1Д62 длиной 1,5 м после закалки составляет около 0,3 мм.

Время на закалку 1 пог. м одной направляющей около 30—35 мин. На закалку направляющих станины токарно-винторезного станка 1Д63 расходуется один баллон кислорода, 6 л керосина, 1 *квт-ч* электроэнергии.

Закалка «змейкой»* На некоторых заводах вместо сплошной закалки направляющих станин практикуется так называемая закалка змейкой, при которой путем нагрева газовой горелкой на поверхности направляющих образуют перекрещивающиеся зигзагообразные закаленные полосы.

Необходимое для закалки быстрое охлаждение производится за счет отвода тепла в массу металла станины.

Ниже излагается технология закалки направляющих станин по этому способу, применяющаяся на Ленинградском Кировском заводе.

Перед закалкой станина подвергается проверке на прямолинейность направляющих. Если непрямолинейность направляющих станины превышает 0,3 мм, их подвергают обработке.

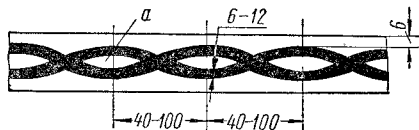
У станин токарных станков закалывают основные направляющие, служащие для перемещения каретки, подверженные наибольшему износу. Направляющие для задней бабки, а также нижние на-

правляющие закалке не подвергают, так как первые мало изнашиваются, а вторые труднодоступны для закалки.

Состав газа, применяющегося для закалки, тот же, что и для автогенной сварки: примерно 45% ацетилена и 55% кислорода.

При закалке направляющих станин станков 1А62 применяется горелка № 3. Для станин больших размеров применяется горелка № 5.

Закалка производится перемещением горелки на поверхности направляющей по зигзагообразной линии с шагом 40—100 мм в двух направлениях, в результате чего на поверхности направляющей оказываются нанесенными две перекрещивающиеся зигзагообразные закаленные полосы шириной 6—12 мм (фиг. 53).



Фиг. 53. Форма закалочного рисунка на направляющих при закалке змейкой.

Расстояние от края направляющей до закаленной полосы должно быть не менее 6 мм. Скорость перемещения горелки определяется необходимой температурой нагрева поверхности, которая должна находиться в пределах 750—800° С. Практически температура нагрева определяется по цвету нагретой поверхности (должен быть малиновым). Для предупреждения деформации не следует на одной и той же направляющей наносить весь закалочный рисунок. После первого прохода (одной зигзагообразной линии) переходят ко второй направляющей. За это время первая направляющая должна остыть до температуры 50—60° С, после чего на ней наносят перекрещивающуюся закалочную линию.

Сразу после закалки станина может иметь значительную деформацию порядка 1 мм, но после окончательного остывания остаточная деформация обычно составляет 0,1—0,3 мм.

Закалке ацетилено-кислородным пламенем методом змейки подвергались на Ленинградском Кировском заводе станины токарных станков с высотой центров до 300 мм и расстоянием между центрами до 3500 мм. По данным ремонтной службы завода износ направляющих, закаленных данным способом, уменьшается до

* Данный раздел и следующий за ним раздел «Закалка направляющих станин с нагревом т. в. ч.» (стр. 789—791) написаны инж. И. М. Лишанским.

6 раз. На закаленных поверхностях не наблюдается задиrow. Мелкие задиры иногда получаются на участках между восьмерками, обозначенных на фиг. 53 буквой *a*.

Закалка направляющих станин с нагревом т. в. ч. Для закалки направляющих станин металлоорежущих станков используются ламповые и машинные генераторы.

В настоящее время, исходя из опыта ремонтной службы Ленинградского Кировского завода, можно считать, что лучшие результаты получаются при применении машинных генераторов.

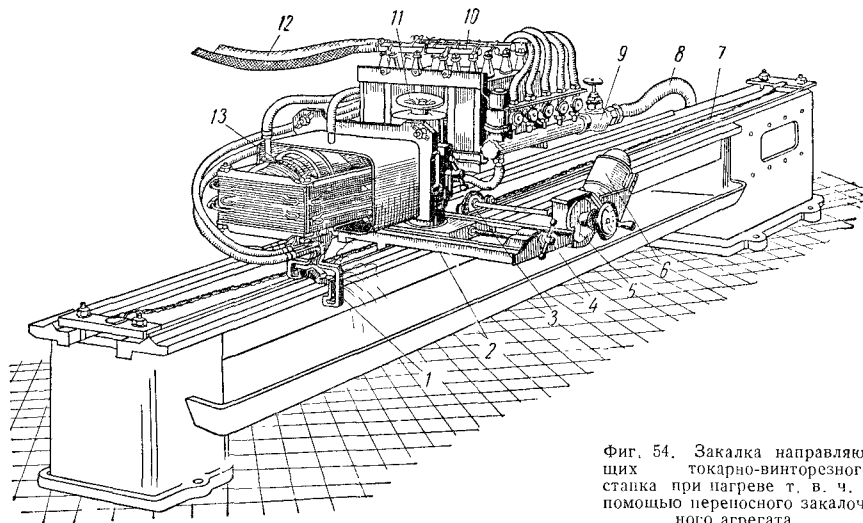
Индукторы для нагрева направляющих конструируются применительно к конфигурации и размерам направляющих. Между индуктором и водяным распылителем, охлаждающим направляющие, устраи-

Второй способ имеет следующие преимущества: примерно в 2 раза уменьшается потребная площадь и значительно упрощаются и удешевляются средства, необходимые для осуществления подачи в процессе закалки.

Ниже приводится технология закалки станин металлоорежущих станков, применяющаяся в ремонтно-механическом цехе Ленинградского Кировского завода.

Для закалки используется имеющийся в цехе машинный генератор мощностью 100 кв, 8000 пер/сек и переносный закалочный агрегат, устанавливающийся непосредственно на закаливаемую станину и перемещающийся в процессе закалки по ней. Вес агрегата около 500 кг.

Все узлы агрегата смонтированы на плите 2 (фиг. 54). К плите прикреплены направляющие планки, одна из которых



Фиг. 54. Закалка направляющих токарно-винторезного станка при нагреве т. в. ч. с помощью переносного закалочного агрегата.

вается воздушная завеса, назначение которой — препятствовать попаданию воды в поле действия индуктора. Сжатый воздух направляет водяную струю к месту, подготовленному под закалку. Промежуток между зоной действия индуктора и зоной действия водяного распылителя благодаря воздушной завесе может быть сведен к 5—7 мм.

Подача при закалке направляющих токами высокой частоты может осуществляться двумя способами: перемещением закаливаемой станины относительно неподвижного индуктора или перемещением индуктора при неподвижной станине.

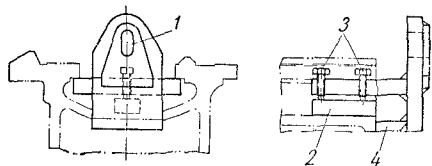
плоская, другая — призматическая. Этими направляющими планками закалочный агрегат базируется на закаливаемой станине и перемещается по ней.

Индуктор 1 для нагрева закаливаемых поверхностей направляющих станины крепится к трансформатору 13.

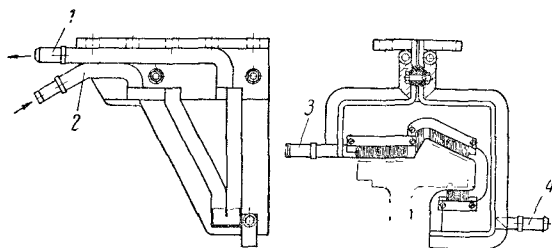
Регулирование зазоров между индуктором и станиной производится путем горизонтального и вертикального перемещений трансформатора 13, осуществляемых поворотом маховичка 11 и рукоятки 4. Перемещение закалочного агрегата вдоль закаливаемой станины производится электродвигателем 6. Цепная звездочка 3

сцепляющаяся с натянутой вдоль станины роликовой цепью 7, приводится во вращение от электродвигателя 6 через редуктор 5 и сменные шестерни. С помощью последних имеется возможность получить три скорости перемещения закалочного станка по закаливаемой станине: 0,24, 0,51 и 0,66 м/мин.

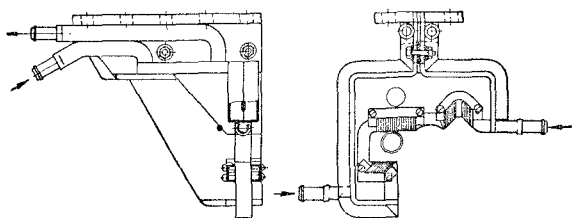
Шланг 8 служит для подачи воды к коллектору 9. Из коллектора вода поступает в закалочный трансформатор 13 для охлаждения сердечника первичной и вторичной обмоток, в конденсатор 10 для его охлаждения, в индуктор 1 для



Фиг. 55. Кронштейн для установки роликовой цепи механизма перемещения переносного закалочного станка.



Фиг. 56. Индуктор для одновременной закалки всех рабочих поверхностей передних направляющих станины токарно-винторезного станка 1А62.



Фиг. 57. Индуктор для одновременной закалки всех рабочих поверхностей задних направляющих станины токарно-винторезного станка 1А62.

охлаждения стенок индуктора и для охлаждения направляющих станины в процессе их закалки. Ток высокой частоты подается от машинного генератора по кабелю 12.

На фиг. 55 показана одна из конструкций кронштейна для натяжения роликовой цепи между направляющими станины, исключая необходимость сверлить станину для его крепления. Крепление кронштейна производится путем заворачивания двух болтов 3, упирающихся в планку 2. Роликовая цепь крепится к кронштейну с помощью проушины 1.

На фиг. 56 показан индуктор для одновременной закалки всех рабочих поверхностей передних направляющих станины станка 1А62. Индуктор изготовлен из медных трубок, полосовой и листовой меди. Для концентрации магнитного потока на закаливаемой поверхности в индукторе установлено 358 железных пластинок толщиной 0,35 мм.

Для охлаждения стенок индуктора по трубкам 1 и 2 циркулирует вода. Закалочная вода поступает по трубкам 3 и 4 через ряд мелких отверстий на нагретую поверхность станины.

На фиг. 57 показан индуктор для одновременной закалки всех рабочих поверхностей задних направляющих станины.

Конструкция его аналогична индуктору для закалки рабочих поверхностей передних направляющих.

Как и при газопламенной закалке, станина перед закалкой т. в. ч. проверяется на прямолинейность направляющих, и если при этом непрямолинейность направляющих в результате износа или деформации оказывается более 0,3 мм, она подвергается предварительной строжке или черновому шлифованию. После этого станина транспортируется на участок т. в. ч., где устанавливается без выверки на закалочную площадку, окантованную цементным буртиком для задерживания использованной закалочной воды.

На направляющие станины устанавливается переносный закалочный станок. С обеих торцовых сторон станины закрепляются кронштейны и натягивается роликовая цепь, сцепляющаяся со звездочкой привода станка. Закрепляется индуктор. Посредством вертикального и горизонтального суппортов станка регулируется зазор между индуктором и закаливаемой станиной. Затем включается поступление

воды в индуктор, после чего включают ток на пульте управления. Граница участков нагрева и охлаждения регулируется струей сжатого воздуха, подведенного к индуктору.

Качество закалки зависит от химического состава чугуна станины, конструкции индуктора, зазоров между ним и закаливаемым участком, режима нагрева и условий охлаждения.

Ниже приведены режимы, применяющиеся в ремонтно-механическом цехе Ленинградского Кировского завода при закалке направляющих токарных станков.

Режимы, применяющиеся ремонтно-механическим цехом ЛКЗ при закалке направляющих станин токарных станков на машинном генераторе 100 ква, 8000 гц

Напряжение генератора в <i>в</i>	600—750
Напряжение генератора под нагрузкой в <i>в</i>	580—730
Сила тока в <i>а</i>	95—120
Емкость конденсаторной батареи в <i>мкф</i>	300—375
Используемая мощность в <i>квт</i>	55—70

Твердость закаленной поверхности направляющих получается в пределах $R_C = 48 \div 56$. Глубина закалки около 3,5 мм. Деформация станины после закалки от 0,1 до 0,35 мм.

Продолжительность закалки одной станины (габаритов, соответствующих станинам станков 1А62, 1А63) около 60 мин.

Электронискровое упрочнение направляющих станин. Упрочнение направляющих станин электронискровым методом является новым способом повышения их износостойкости.

Для электронискрового упрочнения направляющих применяют специальные более мощные установки, изготавлиющиеся обычно силами самих заводов.

Подвергающаяся электронискровой обработке станина заземляется. Упрочняющий электрод, укрепляющийся в вибраторе установки, служит анодом (см. гл. I, раздел «Электронискровая обработка деталей машин», стр. 102).

Глубина упрочненного электронискровой обработкой слоя направляющих по данным ОГМ Харьковского завода транспортного машиностроения достигает 0,03—0,05 мм.

Направляющие, упрочненные электронискровой обработкой, покрываются мелкими, чуть заметными неровностями (как бы сыпью), которые легко снимаются чугуном бруском или оселком.

Для уменьшения изнашивания сопрягающихся поверхностей направляющих

салазок и суппортов после нанесения на направляющие станины твердого сплава иногда на последние также электроискровым способом наносится бронза.

В настоящее время электронискровое упрочнение направляющих производится лишь отдельными заводами в экспериментальном порядке. Достаточного практического опыта по его применению ремонтными службами еще не накоплено.

Установка стальных закаленных пластин при ремонте дает возможность восстановить первоначальную форму, размеры и положение направляющих станины и одновременно обеспечить значительное повышение их износостойкости.

Для установки закаленных пластин станина подвергается обработке строганием или фрезированием. Поэтому, решая вопрос об установке закаленных пластин, необходимо проверить, не нарушится ли жесткость станины в результате указанной обработки. Стальные пластины обычно крепятся к станине с помощью винтов и могут быть цельными или состоять из нескольких частей.

При определении толщины пластин должна учитываться необходимость шлифования их после установки.

Пластины обычно изготавливают из сталей цементуемых марок (15, 20, 20Х) и нитрируемых сталей, если на заводе имеется соответствующая установка. Цементировать накладки следует на глубину до 1,5 мм и закаливать на твердость $R_C = 56 \div 60$.

Установка бронзовых и пластмассовых накладок и покрытие направляющих антифрикционными сплавами. Уменьшение изнашиваемости и возможности возникновения задиров на направляющих станин может быть достигнуто также путем заливки рабочих поверхностей направляющих салазок, суппортов, столов и т. д. антифрикционными сплавами Б-16, ЦАМ 10-15 или путем установки на них бронзовых или пластмассовых накладок (см. раздел «Пластмассовые накладные направляющие», стр. 385).

Применение теории размерных цепей и компенсаторов при ремонте металлорежущих станков

Размерной цепью называются все расположенные по замкнутому контуру в определенной последовательности размеры, связывающие поверхности или оси

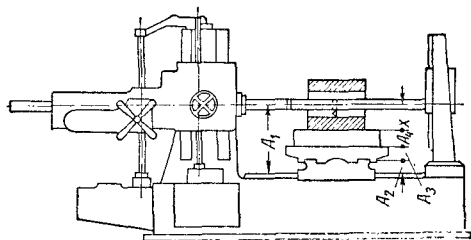
деталей, взаимное положение которых требуется определить.

Основным свойством размерной цепи является замкнутость ее звеньев (размеров).

Звено размерной цепи, получающееся при ее построении последним, носит название замыкающего.

Зазор или натяг являются самостоятельными звеньями размерной цепи.

На фиг. 58 показана схема размерной цепи для получения размера детали,



Фиг. 58. Схема размерной цепи расточного станка.

обрабатываемой на расточном станке. Замыкающее звено размерной цепи x получается из равенства общего размера от плоскости станины до оси шпинделя A_1 , равного сумме звеньев размерной цепи, в которую входит размер A_2 (от плоскости станины до плоскости салазок), размер A_3 (от плоскости салазок до плоскости стола станка), размер A_4 (от плоскости стола до плоскости подставки под деталь) и, наконец, размер x (от плоскости подкладки или, что то же, от опорной плоскости детали до оси отверстий в этой детали).

На фиг. 59, а приведена размерная цепь реечного зацепления фартука токарного станка и схема (фиг. 59, б).

В левую ветвь размерной цепи входит размер A_1 от верхней грани направляющей станины (базисной плоскости) до поверхности прилегания корпуса фартука к каретке и размер A_2 от поверхности прилегания до оси реечной шестерни.

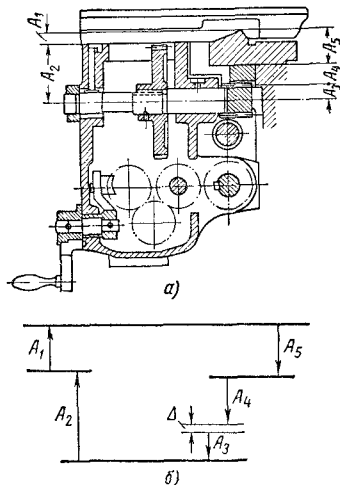
Правую ветвь цепи составляют размеры A_3 (от оси шестерни до делительной ее окружности), A_4 (от начальной линии зубьев рейки до ее опорной плоскости) и A_5 (от опорной плоскости рейки до базисной плоскости станины). Буквой Δ на схеме обозначен радиальный зазор в зубчатом зацеплении рейки и шестерни.

При работе машины вследствие износа рабочих поверхностей деталей происходит постепенное нарушение осуществленных при изготовлении машины решений размерных цепей. В процессе ремонта

эти нарушения могут увеличиваться вследствие необходимости исправлять путем обработки геометрическую форму износившихся поверхностей детали. Исправление этих поверхностей во многих случаях влечет за собой нарушение взаимного расположения деталей, осей и узлов. Поэтому одной из задач, возникающих при ремонте машины, является осуществление новых решений размерных цепей, нарушенных в результате износа деталей при эксплуатации и их обработки в процессе ремонта, для исправления геометрической формы.

Размерные цепи могут решаться одним из следующих методов: методом абсолютной взаимозаменяемости; методом неполной (частичной) взаимозаменяемости; методом подбора; методом регулировки; методом пригонки или изготовления по месту одного или нескольких звеньев цепи.

В ремонтной практике приходится решать размерные цепи, используя тот или



Фиг. 59. Схема размерной цепи реечного зацепления фартука токарного станка.

другой метод в зависимости от наличия покупных или изготавливаемых внутри завода запасных частей и технического уровня ремонтного дела на заводе.

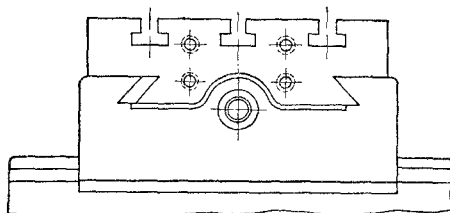
Особенности работ, проводимых при ремонте технологического оборудования, вызывают необходимость особенно широкого применения при решении размерных цепей методов пригонки и регулировки.

При применении этих методов неточность размерной цепи, образовавшаяся в результате неточностей изготовления деталей

и их сборки и представляющая сумму этих неточностей, компенсируется за счет одной детали, называемой компенсатором.

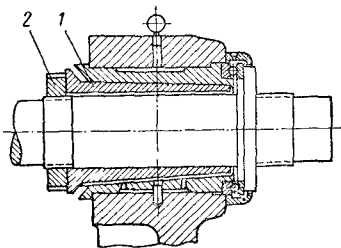
При использовании метода регулировки необходимой точность замыкающего звена размерной цепи достигается за счет перемещения компенсатора или введения в размерную цепь специальной компенсирующей детали. В первом случае износ компенсируется за счет непрерывной (автоматической) или периодической регулировки компенсатора, а во втором случае заменой неподвижного компенсатора новым, изготовленным по измененным размерам.

При использовании метода пригонки окончательная обработка одной из деталей, входящих в размерную цепь, изгото-



Фиг. 60. Компенсация неточностей изготовления и износа направляющих стола фрезерного станка клином.

вляется по месту таким образом, чтобы получился необходимый размер, требуемый для замыкания размерной цепи.



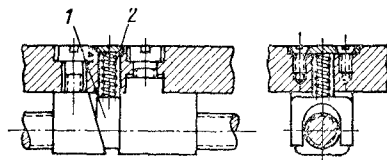
Фиг. 61. Втулка подшипника с наружной конической поверхностью: 1 — втулка; 2 — гайка.

Примером периодического регулируемого подвижного компенсатора является клин (фиг. 60). Клин периодически подтягивается, обеспечивая тем самым компенсацию не только неточности обработки сопряженных деталей, но и зазоров, появляющихся вследствие износа сопряжения.

Одним из часто встречающихся подвижных компенсаторов является втулка под-

шипника скольжения с наружной конической поверхностью (фиг. 61). По мере износа внутренней цилиндрической поверхности втулки 1 она подвергается регулировке путем осевого ее смещения с помощью гайки 2. При смещении по оси разрезная втулка 1 сжимается, компенсируя зазоры.

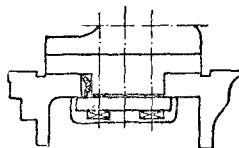
На фиг. 62 показан клин, компенсирующий износ винтового соединения. Клин



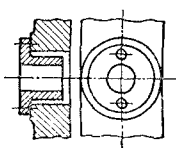
Фиг. 62. Автоматическое компенсирование люфта между винтом и гайкой: 1 — клин; 2 — пружина.

подается в зазор между гайками автоматически под действием пружины. Зазор между сопряжением деталей, приведенных на фиг. 63, компенсируется пружиной 1.

На фиг. 64 приведены подвижные компенсаторы в виде плавающих втулок,



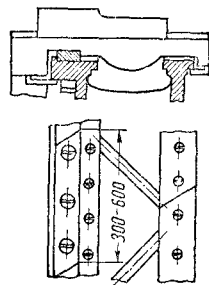
Фиг. 63. Компенсация зазора пружиной.



Фиг. 64. Плавающие втулки-компенсаторы.

устанавливаемых на штифтах. Такие втулки компенсируют неточности изготовления и сборки размерной цепи, в которой сами втулки играют роль компенсирующего звена.

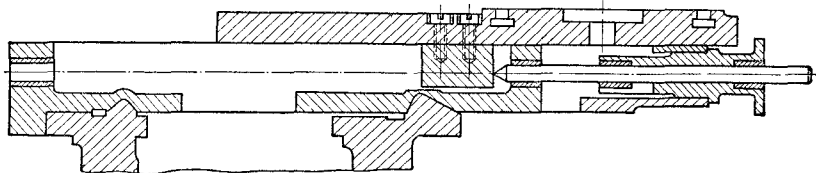
Планки, приведенные на фиг. 65, являются неподвижным компенсатором. С помощью таких планок-наделок в ремонтной практике часто компенсируется нарушение размерной цепи, следовавшее вследствие износа трущихся поверхностей или вследствие механической обработки этих плоскостей.



Фиг. 65. Компенсация износа при помощи наделок.

Метод пригонки при проведении ремонтных работ часто является наиболее экономичным, так как позволяет избежать необходимости изготовления ряда деталей с высокой степенью точности и использовать детали, у которых при исправлении не могут быть восстановлены их первоначальные размеры, а только геометрическая форма.

Метод пригонки осуществляется при ремонте оборудования обычно следующим образом.



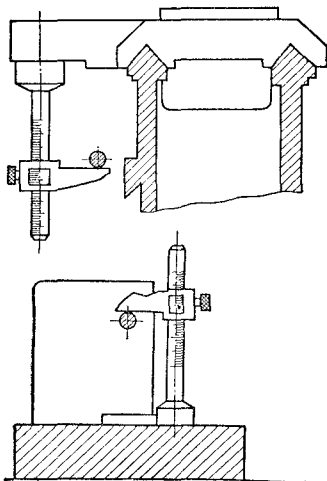
Фиг. 66. Разметка центра гайки салазок токарного станка специальным керном.

Накопившаяся в размерной цепи неточность переносится на деталь-компенсатор путем разметки по месту с последующей обработкой этой детали на станке в механической мастерской или накопившаяся

1) величина и направление смещения компенсирующего элемента детали определяются замерами;

2) разметка осуществляется посредством приспособлений, например центровая линия на компенсирующей детали наносится с помощью специального керна (фиг. 66).

На фиг. 67 приведен случай замера величины прострожки плоскости каретки для компенсации неточностей в сочленении узлов, возникших в результате износа



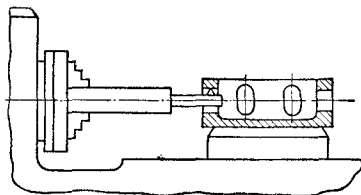
Фиг. 67. Замер величины прострожки плоскости каретки револьверного станка.

в цепи ошибка устраняется обработкой конечного звена размерной цепи на самом ремонтируемом станке.

Разметка по месту для устранения накопившихся в размерной цепи неточностей может производиться следующими способами:

и обработки направляющих станины и салазок суппорта.

На фиг. 68 приведен пример, когда с помощью механической обработки на

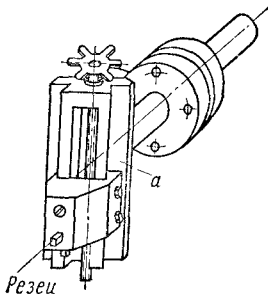


Фиг. 68. Пример компенсации накопившейся ошибки после ремонта станка.

самом отремонтированном станке компенсируется накопившаяся в размерной цепи неточность.

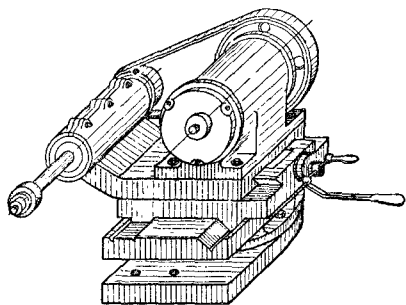
Инструментом в данном случае служит оправка с резцом.

В некоторых случаях для обработки детали-компенсатора на самом ремонтируемом станке приходится применять специальные приспособления. Одним из таких приспособлений является приведенное на фиг. 69 приспособление



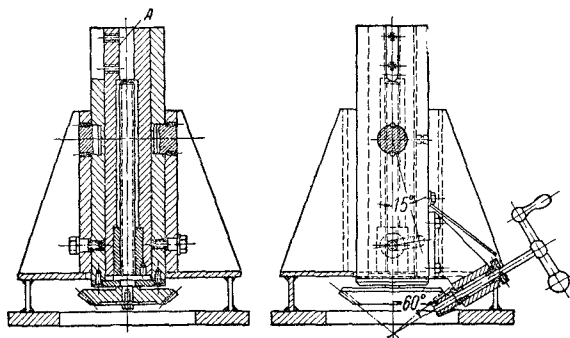
Фиг. 69. Приспособление для проточки граней револьверной головки.

для протачивания граней револьверной головки, применение которого позволяет наиболее просто обеспечить перпендикулярность граней револьверной головки к оси вращения шпинделя револьверного станка.



Фиг. 70. Приспособление для шлифования мест под цангу.

Перед началом работы приспособление устанавливается в патроне станка так,



Фиг. 71. Приспособление для исправления гнезд шпинделей сверлильных и вертикально-фрезерных станков.

5. Типовой технологический процесс слесарных работ по ремонту основных узлов токарно-винторезных станков

Эскизы	Содержание операций
	<p><i>Ремонт поперечных салазок, каретки и верхнего суппорта</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Шабрить* плоскости 1 и 3 поперечных салазок по плите и плоскость 2 по угловой линейке 2. Первый вариант (когда нижние направляющие каретки строгаются или шлифуются). Шабрить плоскость 4 по плите, выдерживая параллельность ее относительно плоскостей 1 и 3 в пределах 0,02 мм

* Здесь и ниже во всех типовых технологических процессах, приведенных в данной главе, операции шабрения плоскостей может предшествовать их шлифование на плоскошлифовальных станках с целью сокращения затрат ручного труда. В некоторых случаях, когда не требуется высокое качество пригонки, шлифование может заменять шабрение.

чтобы плоскость *a*, по которой перемещается резцедержатель, была параллельна движению поперечного суппорта станка. Затем пускают в ход станок и начинают проточку головки. Подача осуществляется звездочкой, которая при каждом обороте шпинделя, встречая неподвижный упор, укрепленный на станке, поворачивается вместе с винтом, на котором она насажена, на определенный угол.

На фиг. 70 приведено приспособление для шлифования мест под цангу у шпинделей автоматов.

Приспособление монтируется на суппорт автомата и шлифуетывает места под цангу. Возвратно-посупательное перемещение шпинделя в процессе шлифования осуществляется рукояткой.

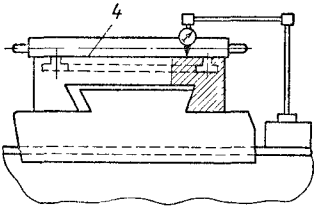
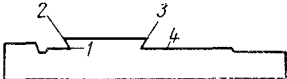
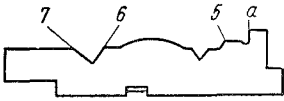
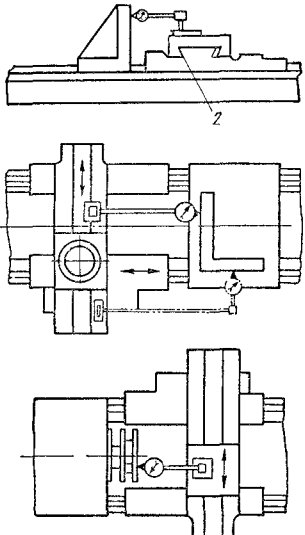
Для исправления неточностей гнезд шпинделей сверлильных и вертикально-фрезерных станков служит приспособление, приведенное на фиг. 71. Приспособление устанавливается на столе станка по оси шпинделя и позволяет произвести расточку конусного гнезда шпинделя с помощью резца, укрепляемого в гнезде *A*.

Ремонт основных узлов и корпусных деталей металлорежущих станков

Токарно-винторезные станки типа 1Д62

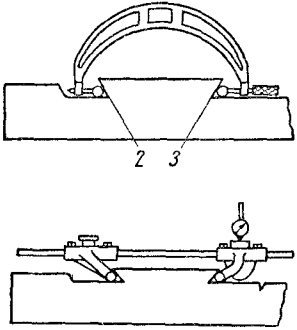
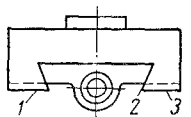
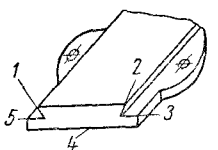
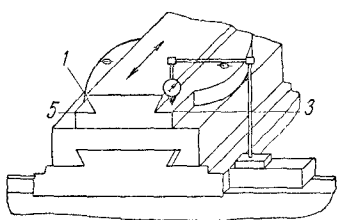
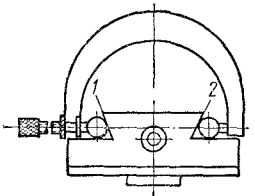
Перед разборкой станка замеряется разность высот центров передней и задней бабок, а у станков, где шпиндель работает в опорах качения, проверяется радиальное и осевое биение шпинделя. Этими замерами руководствуются при ремонте данных узлов.

Продолжение табл. 5

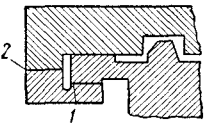
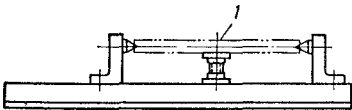
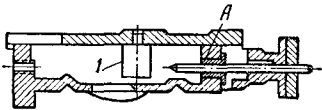
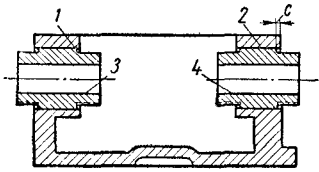
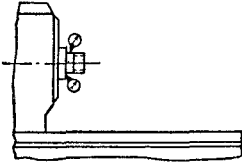
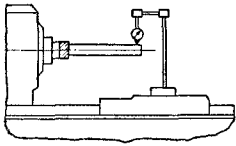
Эскизы	Содержание операций
	<p><i>Второй вариант</i> (без механической обработки нижних направляющих каретки). Шабрить плоскость 4 по плите, проверяя параллельность относительно направляющих станины с помощью индикатора, установленного на подушке задней бабки. При этом поочередно передвигают поперечные салазки по каретке и подушку задней бабки по направляющим станины. Отклонение от параллельности допускается в пределах 0,02 мм на длине 300 мм</p>
	<p>3. Шабрить плоскости 1 и 4 каретки по угловой линейке и сопрягающимся плоскостям нижних салазок</p>
	<p>4. Восстановить строганием или шлифованием плоскости 5—7. При установке на станке за базу принять уже пришабранные плоскости 1 и 4 и нерабочую поверхность а. Обработка плоскостей 5—7 должна производиться с одной установки. Проверку плоскостей 5—7 надо вести по контрошablону, изготовленному по соответствующим плоскостям станины. Зазор по шаблону допускается до 0,1 мм.</p> <p>5. Шабрить плоскости 5—7 по уже восстановленным направляющим станины *</p>
	<p>6. Шабрить плоскость 2 по угловой линейке и сопрягающейся плоскости поперечных салазок, проверяя перпендикулярность этой плоскости по отношению направляющих станины одним из следующих способов:</p> <ul style="list-style-type: none"> а) с помощью специального приспособления и индикатора, укрепленного на поперечных салазках; б) по угольнику, уложенному на подушке задней бабки, одна сторона которого установлена параллельно направляющим станины; в) по приспособлению с устанавливаемой плоскостью, укрепленному на шпинделе передней бабки <p>Допускается непараллельность плоскости 2 плоскости, перпендикулярной к направляющим станины, не более 0,01 мм на длине 150 мм только в сторону передней бабки</p>

* При значительном износе передней направляющей во избежание перекаса салазок и фартука в поперечной плоскости в процессе выполнения операции 5 рекомендуется периодически проверять положение салазок относительно станины, добиваясь шабровкой, чтобы плоскость салазок, к которой крепится фартук, была перпендикулярна плоскости станины, к которой крепится коробка подач. Проверка производится рамным уровнем.

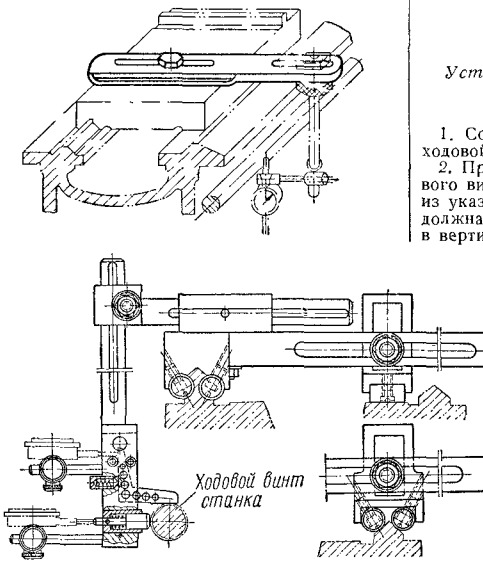
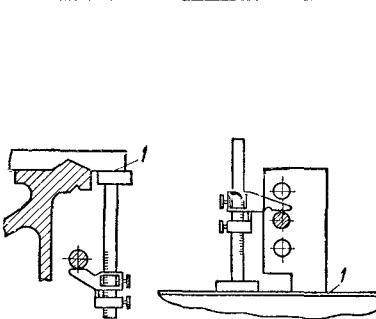
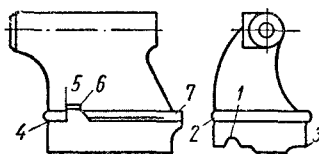
Продолжение табл. 5

Эскизы	Содержание операций
	<p>7. Шабрить плоскость 3 по угловой линейке, проверяя параллельность этой плоскости относительно плоскости 2 с помощью контрольных валков и микрометра или специальным приспособлением. Допускается отклонение 0,02 мм на всей длине</p>
	<p>8. Шабрить плоскости 1 и 3 верхних салазок по плите и плоскость 2 по угловой линейке</p>
	<p>9. Шабрить плоскость 4 средней (поворотной) части суппорта по плите и сопрягающейся плоскости поперечных салазок</p>
	<p>10. Шабрить плоскости 1, 5 и 3 средней части суппорта по уже пришабренным сопрягающимся направляющим верхнего суппорта, проверяя параллельность этих плоскостей поперечным направляющим каретки с помощью индикатора. Допустимое отклонение 0,02 мм на всей длине</p>
	<p>11. Шабрить плоскость 2 средней части по угловой линейке, проверяя ее параллельность относительно плоскости 1 при помощи микрометра и двух калиброванных валков. Допускаемое отклонение 0,02 мм на всей длине</p>

Продолжение табл. 5

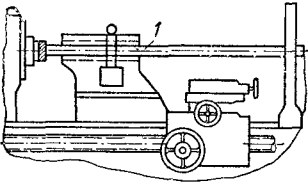
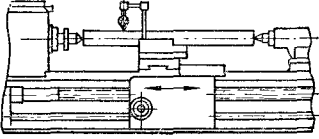
Эскизы	Содержание операций
	<p>12. Шабрить плоскость 1 планки каретки по линейке. Прикрепить планку к каретке болтами и проверить щупом плотность прилегания сопряженных поверхностей. Зазор между плоскостью 1 и сопряженной плоскостью станины при окончательном креплении планки допускается не более 0,02 мм на всей длине. При наличии зазора выше допускаемого устранить дефект путем припиливания, шабрения или шлифования плоскости 2 планки</p>
	<p>13. Шабрить плоскость 1 клиньев суппортов предварительно по плите на краску. Окончательную пригонку клина производить в сборе с суппортом методом протяжки. Для закрепления клина при шабрении пользоваться указанным здесь приспособлением или магнитной плитой.</p>
	<p>14. Собрать узел поперечных салазок с кареткой и заготовкой гайки 1. Вставить втулку А и ударом молотка по специальному керну наметить центр для расточки отверстия гайки под нарезку резьбы</p>
	<p><i>Ремонт и выверка передней бабки</i></p> <p>1. Проверить плотность прилегания сопрягающихся поверхностей 1 и 2 отверстий под подшипники шпинделя в корпусе и наружных поверхностей конусных подшипников. При неполном прилегании произвести проверку правильности подшипников и шабрение гнезд в корпусе подшипника</p> <p>2. Собрать оба подшипника</p> <p>3. Пришабрить поверхности 3 и 4 переднего и заднего подшипников по шпинделю (натяг ϵ должен быть не более 1,0 мм)</p> <p>Примечание. Шейки шпинделя должны быть к моменту сборки окончательно прошлифованы и доведены</p>
	<p>4. Собрать узел шпинделя и отрегулировать его, после чего проверить:</p> <p>а) осевое перемещение шпинделя при вращении; допускаемое отклонение 0,01 мм;</p> <p>б) радиальное биение шейки шпинделя; допускаемое отклонение 0,01 мм</p> <p>При наличии отклонений выше допускаемых необходимо тщательно отрегулировать шпиндель или разобрать и вновь проверить геометрическую правильность рабочих поверхностей шпинделя, а также качество пришабровки подшипников</p>
	<p>5. Проверить параллельность оси шпинделя направляющим станины. В вертикальной плоскости допускается отклонение 0,03 мм на длине 300 мм, при этом свободный конец оправки может быть только выше. В горизонтальной плоскости допускаемое отклонение 0,012 мм на длине 300 мм. Свободный конец оправки может быть отклонен только в сторону реза. При наличии отклонений выше допускаемых произвести шабрение опорных поверхностей корпуса бабки, добиваясь требуемого положения оси шпинделя</p>

Продолжение табл. 5

Эскизы	Содержание операций
	<p><i>Установка ходового винта, ходового валика и фартука</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Собрать и поставить на место коробку подач, ходовой винт и валик 2. Проверить правильность положения оси ходового винта в обеих плоскостях с помощью одного из указанных приспособлений. Ось ходового винта должна быть параллельна направляющим станины в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Допускаемое отклонение 0,1 мм на 1000 мм длины винта. Измерения производят у переднего и заднего подшипников. При выявлении отклонений выше допускаемых установить правильное положение оси ходового винта и валика смещением опорного кронштейна в требуемом направлении
	<ol style="list-style-type: none"> 3. Определить величину проседания каретки одним из следующих способов: <ol style="list-style-type: none"> а) путем замера расстояния от плоскости 1 каретки до оси ходового валика и от привалочной плоскости фартука до оси отверстия под втулку ходового валика; разность полученных размеров покажет величину несоосности; б) путем замера смещения оси ходового винта в средней его части при включении маточной гайки; в) путем перенесения разметкой оси отверстия опорного кронштейна на фартук; г) с помощью специального приспособления, вставляемого в отверстие под втулку ходового валика в фартуке <p>При несопадении осей до 1,5 мм следует строгать привалочную плоскость каретки на соответствующую величину. Изменение межцентрового расстояния между ведущей и ведомой шестернями винта поперечной подачи компенсируется их корригированием. При проседании каретки более 1,5 мм целесообразна установка бронзовых или пластмассовых (например, текстолитовых) накладок * соответствующей толщины на направляющих плоскостях каретки, сопряженных с направляющими станины</p>
	<p><i>Ремонт задней бабки</i></p> <p><i>Первый вариант (применяется в случаях, когда отверстие под пилуль изношено и требует расточки)</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Шабрить плоскости 4—7 корпуса задней бабки по плите и линейке 2. Шабрить плоскости 1—3 подушки задней бабки по станине 3. Шабрить плоскости 4—7 подушки по сопрягающимся плоскостям задней бабки

* См. раздел „Пластмассовые направляющие“, стр. 385.

Продолжение табл. 5

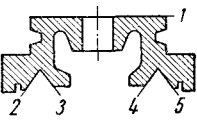
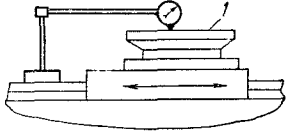
Эскизы	Содержание операций
	<p>4. Расточить отверстие под пиноль в задней бабке на ремонтируемом станке при помощи оправки с резцом и люнета. Оправку установить так, чтобы ее концы, находящийся в люнете, был выше на 0,06—0,08 мм (ось отверстия задней бабки должна быть выше оси шпинделя передней бабки в пределах 0,06 мм).</p> <p>Примечание. Расточку отверстия под пиноль можно производить также концевой оправкой.</p> <p>5. Произвести доводку отверстия 1 регулируемой разверткой или притиром. Допускается эллипсность и конусность отверстия в пределах 0,015 мм.</p>
	<p><i>Второй вариант</i> (применяется, когда не требуется расточка отверстия под пиноль)</p> <p>1. Определить величину смещения оси задней бабки в вертикальной плоскости (см. эскиз).</p> <p>2. При выявлении отклонения выше допускаемого произвести наращивание плоскостей 4—7 подушки задней бабки путем:</p> <ul style="list-style-type: none"> а) наплавки бронзой или баббитом; б) наращивания электрометаллизацией (сталью или латуной) или в) гальванического железнения. <p>При отсутствии возможности нарастить поверхности 4—7 указанными способами строгать верхнюю плоскость на глубину 6—8 мм и поставить соответствующей толщины накладки.</p> <p>3. Шабрить плоскости 1—3 подушки задней бабки по станине.</p> <p>4. Шабрить плоскости 4—7 задней бабки по плите и линейке.</p> <p>5. Шабрить плоскости 4—7 подушки задней бабки по сопрягающимся поверхностям задней бабки, одновременно проверяя положение оси пиноли задней бабки относительно направляющих станины и ее соосность шпинделю передней бабки. Ось пиноли должна быть параллельна направляющей станины. Допускается отклонение 0,03 мм на длине 100 мм в вертикальной плоскости (только вверх) и отклонение 0,01 мм на длине 100 мм в горизонтальной плоскости.</p>

Револьверные станки типа 136, 137

Наиболее специфическими работами, выполняющимися при ремонте револьверных

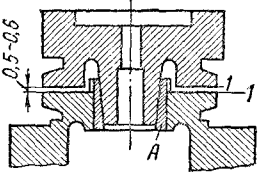
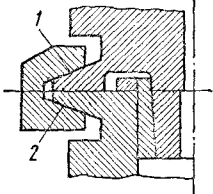
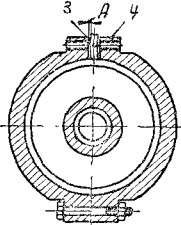
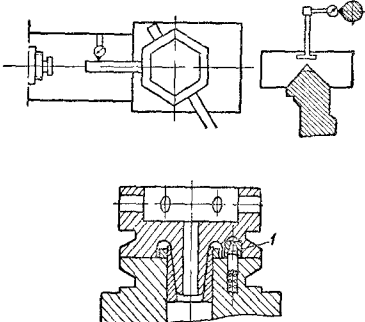
станков, являются работы по восстановлению узла револьверной головки.

6. Типовой технологический процесс слесарных работ по ремонту револьверной головки станков

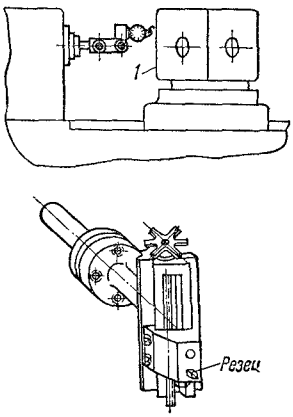
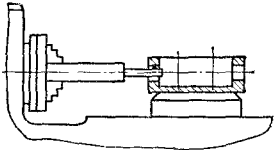
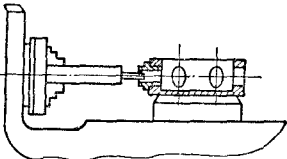
Эскизы	Содержание операций
 	<p>1. Шабрить предварительно плоскость 1 салазок револьверной головки по плите.</p> <p>2. Шабрить плоскости 2—5 по направляющим станины, проверяя параллельность плоскости 1 направляющим станины с помощью индикатора. Допускается отклонение 0,03 мм на всей длине плоскости.</p> <p>3. Шабрить плоскость 1 револьверной головки по специальной шабровочной плите с отверстием.</p>

* См. сноску на стр. 796.

Продолжение табл. 6

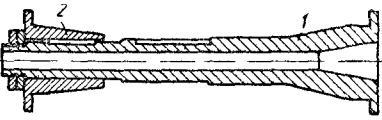
Эскизы	Содержание операций
	<p>4. Запрессовать втулку А в отверстие салазок таким образом, чтобы между плоскостью револьверной головки и плоскостью салазок имелся зазор 0,5—0,6 мм</p> <p>5. Шабрить конусное отверстие втулки А по конусу револьверной головки до получения равномерного прилегания по всей поверхности</p> <p>6. Допрессовать втулку А так, чтобы плоскость револьверной головки коснулась плоскости 1 салазок, и проверить щупом равномерность прилегания этих плоскостей по периметру. Допускаемый зазор 0,03 мм. При наличии зазора выше допускаемого дефект устранить шабрением плоскости 1 салазок до полного прилегания сопрягающихся плоскостей</p>
	<p>7. Проверить на краску прилегание поверхностей 1 и 2 хомута к сопряженным поверхностям револьверной головки и салазок. При недостаточном прилегании шабрить поверхности 1 и 2 хомута</p>
	<p>8. При окончательной затяжке хомута должен оставаться зазор А между торцами хомута в пределах 1 мм. При наличии меньшего зазора следует произвести подрезку торцов хомута 3 и 4 для получения требуемого зазора</p>
	<p>9. Собрать узел фиксатора и проверить величину перемещения револьверной головки при включенном фиксаторе покачиванием головки. Допускается отклонение 0,03 мм на радиусе 300 мм. При наличии отклонения выше допускаемого следует притереть притиром конусную часть фиксатора 1 и втулок или заменить старый фиксатор новым</p>

Продолжение табл. 6

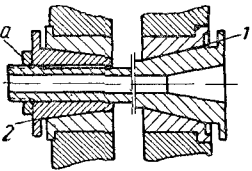
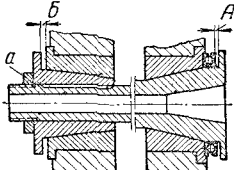
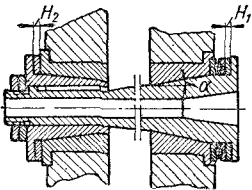
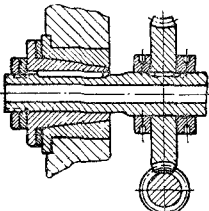
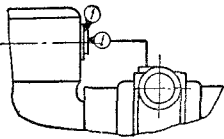
Эскизы	Содержание операций
	<p>10. Проверить перпендикулярность плоскости / револьверной головки по отношению к оси шпинделя. Допускаемое отклонение 0,03 мм на диаметре 150 мм. При наличии отклонения выше допускаемого закрепить в патроне станка приспособление и проточить с помощью последнего плоскости револьверной головки</p>
	<p>11. Расточить отверстия в револьверной головке под переходные втулки</p>
	<p>12. Укрепить переходные втулки и расточить их в размер</p>

Токарные многорезцовые станки типа МТ-30

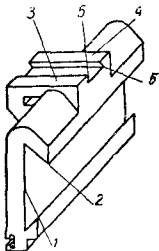
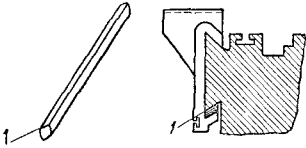
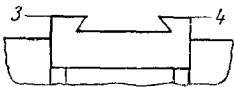
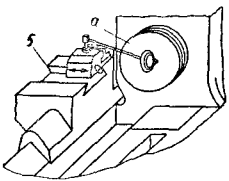
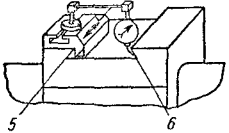
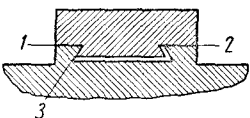
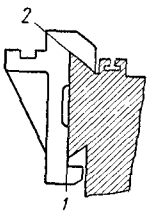
7. Типовой технологический процесс слесарных работ по ремонту основных узлов токарных многорезцовых станков

Эскизы	Содержание операций
	<p><i>Ремонт узла шпинделя</i></p> <p>1. Проверить состояние конусной шейки шпинделя / и конусной поверхности втулки 2. Проверить прямолинейность образующей конуса шпинделя и втулки с помощью лекальной линейки или призмы. При износе этих поверхностей, задирах или неправильности геометрической формы конуса исправить их шлифованием на станке</p>

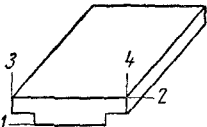
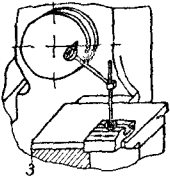
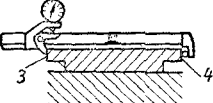
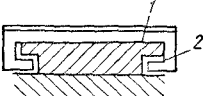

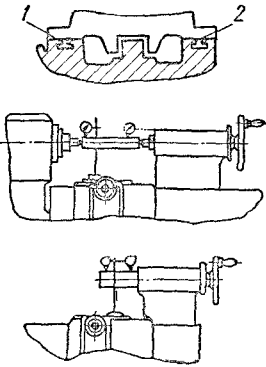
Продолжение табл. 7

Эскизы	Содержание операций
	<p>2. Шабрить поверхность 1 переднего подшипника и поверхность 2 заднего подшипника по сопрягающимся шейкам шпинделя и втулки, вместе собранными. Гайку <i>a</i> затянуть так, чтобы шпиндель мог проворачиваться</p>
	<p>3. Замерить зазоры <i>A</i> и <i>B</i> с помощью свинцовых пластинок или мерными плитками. При замере зазоров <i>A</i> и <i>B</i> шпиндель должен быть затянут гайкой <i>a</i> так, чтобы он не проворачивался</p>
	<p>4. Шлифовать дистанционные шайбы переднего и заднего подшипников до размеров соответственно $H_1 = A + k$ и $H_2 = B + k$, где <i>A</i> — зазор между упорным подшипником и буртом шпинделя при затянутом шпинделе; <i>B</i> — зазор между буртом конусной втулки, насаженной на шпиндель, и торцом втулки, запрессованной в корпус передней бабки; <i>k</i> — осевой зазор шпинделя ($k = \frac{c}{\sin \alpha}$, где <i>c</i> — радиальный зазор, необходимый для нормальной работы шпинделя; α — угол конуса передней шейки шпинделя и конусной втулки)</p> <p>5. Собрать узел шпинделя</p>
	<p>6. Отрегулировать положение оси червячной шестерни по отношению к червяку и проверить зацепление червячной пары на краску. При проверке на краску пятно (след от краски) должно быть расположено на середине зуба и занимать не менее 60% длины зуба</p>
	<p>7. Проверить:</p> <ol style="list-style-type: none"> радиальное биение оси конического отверстия шпинделя по контрольной оправке; отклонение допускается 0,03 мм на длине 300 мм; осевое биение шпинделя; допускаемое отклонение 0,015 мм; радиальное биение шпинделя; допускаемое отклонение 0,01 мм. <p>При повышенных отклонениях биения оси конического отверстия шпинделя дефект устранить путем шлифования конусного гнезда шпинделя на месте шлифовальным прибором. Если после этого при вращении шпинделя осевое и радиальное биение продолжает иметь место, шпиндель следует разобрать и провести более тщательную доводку шеек и дистанционных шайб</p>

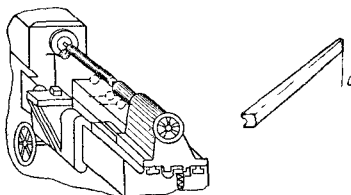
Продолжение табл. 7

Эскизы	Содержание операций
	<p><i>Ремонт переднего суппорта и кронштейна</i></p> <p>1. Шабрить поверхности 1 и 2 каретки переднего суппорта предварительно по угловой линейке и окончательно по сопрягающимся поверхностям станины</p>
	<p>2. Пришабрить плоскость 1 клина предварительно по плите и окончательно в сборе с кареткой суппорта на протяжку</p>
	<p>3. Шабрить поверхности 3 и 4 каретки по плите на краску</p>
	<p>4. Шабрить поверхность 5 по угловой линейке, одновременно проверяя перпендикулярность поверхности 5 к оси шпинделя с помощью призмы, индикатора и устанавливаемого диска. Неperпендикулярность допускается в пределах 0,02 мм на длине 100 мм (только в сторону передней бабки, т. е. при торцовой проточке допускается вогнутость)</p>
	<p>5. Шабрить поверхность 6 по угловой линейке, проверяя параллельность поверхности 5 призмой с индикатором. Допускаемое отклонение 0,02 мм на всей длине</p>
	<p>6. Шабрить поверхность 1—3 салазок переднего суппорта по сопрягающимся поверхностям каретки</p>
	<p>7. Пришабрить клин суппорта 8. Шабрить поверхности 1 и 2 кронштейна упорной планки по сопрягающимся поверхностям станины 9. Шабрить поверхность 1 клина предварительно по плите и окончательно в сборе с кронштейном на протяжку</p>

Продолжение табл. 7

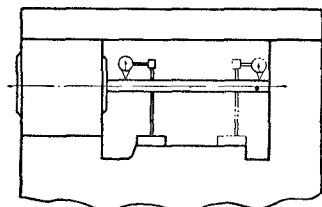
Эскизы	Содержание операций
	<p><i>Ремонт узла заднего суппорта</i></p> <p>1. <i>Первый вариант.</i> Проверить поверхность 1 по поверочной плите. Если имеются забоины или неровности, пришабрить эту поверхность по плите на краску. Шагрить поверхность 2 по плите, проверяя ее параллельность поверхности 1 микрометром. Непараллельность допускается в пределах 0,03 мм на всей длине</p> <p><i>Второй вариант.</i> Шлифовать поверхности 1 и 2 на станке, после чего деталь закрепить и зафиксировать контрольными шпильками на каретке</p>
	<p>2. Шагрить поверхность 3 по линейке, проверяя ее перпендикулярность к оси шпинделя с помощью устанавливаемого диска и индикатора со специальным основанием. Допускаемое отклонение 0,02 мм на 100 мм (только в сторону передней бабки)</p>
	<p>3. Шагрить поверхность 4 по линейке, проверяя ее параллельность поверхности 3 с помощью приспособления</p>
	<p>4. Шагрить поверхности 1 и 2 салазок суппорта по сопрягающимся поверхностям направляющих</p>
	<p>5. Шагрить поверхности 3 и 4 салазок суппорта по угловой линейке, проверяя их параллельность поверхности 1 с помощью измерительных плиток</p>
	<p><i>Ремонт задней бабки</i></p> <p>1. Проверить состояние отверстия под пиноль. При наличии повышенных отклонений отверстие исправить развертыванием вручную или на станке регулируемой разверткой с последующей доводкой притиром</p> <p>2. Собрать узел пиноли задней бабки</p> <p>3. Шагрить поверхности 1 и 2 задней бабки по сопрягающимся поверхностям станины, одновременно проверяя:</p> <p>а) соосность шпинделя передней бабки и пиноли задней бабки в вертикальной плоскости с помощью оправки, установленной в центрах, и индикатора, укрепленного на каретке; допускаемое отклонение 0,02 мм (центр пиноли может быть только выше);</p> <p>б) параллельность оси пиноли направлению движения каретки в вертикальной плоскости, допускаемое отклонение 0,03 мм на 100 мм (конец шпинделя может быть только выше)</p>

Продолжение табл. 7

Эскизы	Содержание операций
	<p>4. Шабрить поверхность <i>a</i> клина в сборе с задней бабкой по сопрягающейся поверхности направляющей станины, одновременно проверяя:</p> <p>а) соосность шпинделя передней и задней бабок в горизонтальной плоскости с помощью оправки, установленной в центре; допустимое отклонение 0,02 мм;</p> <p>б) параллельность перемещения пиноли направлению движения каретки в горизонтальной плоскости, допустимое отклонение 0,01 мм на 100 мм</p> <p>5. Пришпавить по месту второй клин задней бабки.</p>

Четырехшпиндельные прутковые автоматы

Перед разборкой станка необходимо проверить радиальное и осевое биение каждого шпинделя, предварительно тщательно отрегулировав их. Если результаты проверки будут удовлетворительными, можно ограничиться промывкой подшипников качения без разборки. Затем определяется величина опускания оси блока, получившаяся в результате износа конусной поверхности его направляющей, для чего на продольный суппорт уста-

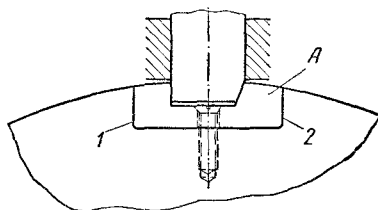


Фиг. 72. Определение величины опускания шпиндельного блока.

навливается индикатор, измерительный стержень которого касается цилиндрического валика у блока, а затем у задней

втулки (фиг. 72). По разности показаний индикатора судят о величине опускания блока, исходя из которой, выбирают способ его восстановления.

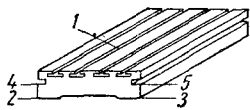
При каждом повороте блока рабочие шпиндели должны занимать одно и то же положение, что зависит от правильной фиксации блока. Если фиксация блока не стабильна, этот дефект устраняется сошлифовыванием одного из торцов 1 (фиг. 73) или 2 сухаря *A* и хромированием



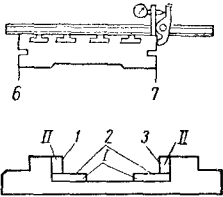
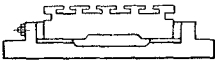
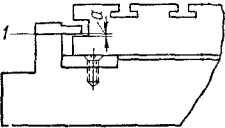
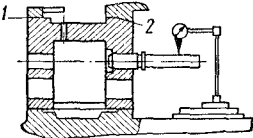
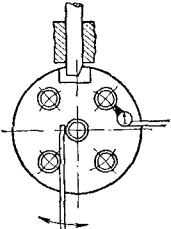
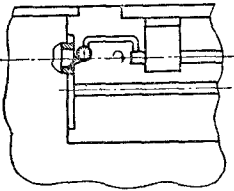
Фиг. 73. Исправление фиксации блока.

второго на ту же величину. Затем монтируют сухарь на место и вновь проверяют правильность фиксации блока. Указанным способом можно достигнуть правильной фиксации блока только в том случае, если расстояние между шпинделями имеет отклонение не более 0,015 мм.

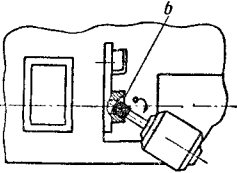
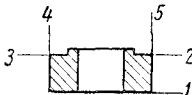
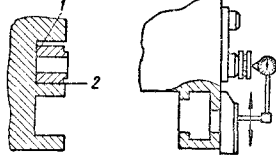
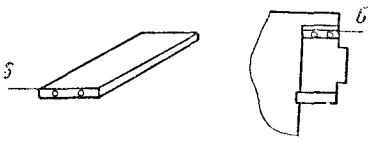
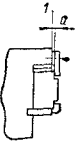
8. Типовой технологический процесс слесарных работ по ремонту основных узлов четырехшпиндельных автоматов

Эскизы	Содержание операций
	<p><i>Продольный суппорт</i></p> <p>1. Шабрить или шлифовать поверхности 1—3 продольного суппорта, проверяя параллельность поверхностей 2 и 3 относительно поверхности 1 микрометром. Непараллельность допускается в пределах 0,02 мм на длине 1000 мм</p> <p>2. Шабрить поверхности 4 и 5, проверяя их параллельность относительно поверхностей 2 и 3 микрометром. Допускается непараллельность 0,02 мм на всей длине</p>


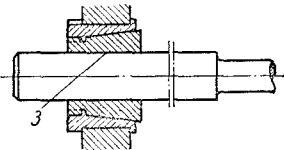
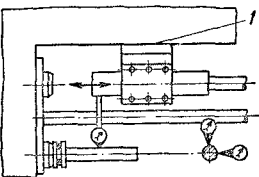
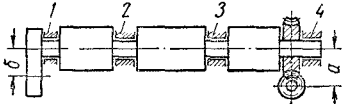
Продолжение табл. 8

Эскизы	Содержание операций
	<p>3. Шабрить поверхности 6 и 7 по линейке, проверяя их взаимную параллельность приспособлением. Допускаемое отклонение 0,02 мм на всю длину.</p> <p>4. Проверить износ поверхностей 1—3 планок. Допускается непрямолинейность в пределах 0,02 мм на 1000 мм. При наличии повышенного износа шлифовать планки I с одной установки, планки II шлифовать каждую отдельно.</p>
	<p>5. Смонтировать планки на суппорте и проверить плотность их прилегания.</p>
	<p>6. Смонтировать суппорт и прижимные планки. Проверить зазор <i>a</i> между планкой и направляющими суппорта. Допускается зазор 0,02—0,03 мм. При повышенных отклонениях произвести шлифование поверхности I планок до получения требуемого зазора.</p>
	<p style="text-align: center;"><i>Шпиндельный блок</i></p> <p>7. Шабрить поверхности 1 и 2 корпуса по шпиндельному блоку, проверяя параллельность оси блока направлению движения продольного суппорта при помощи специальной оправки и индикатора. Допускаемое отклонение 0,01 мм на длине 100 мм.</p>
	<p>8. Смонтировать шпиндельный блок и стопорный механизм. Отрегулировать блок в осевом направлении.</p> <p>9. Проверить перемещения блока при включенном фиксаторном механизме с помощью рычага и индикатора. Допускаемое отклонение 0,02 мм. При повышенном отклонении дефект устранить путем пригонки сопряженных поверхностей стопорного пальца и сухаря, а также направляющей пальца.</p>
	<p>10. Проверить правильность фиксации блока после каждого его поворота с помощью индикатора, укрепленного на шпинделе независимой подачи. Допускаемое отклонение 0,015 мм. При повышенном отклонении дефект устранить путем смещения сухаря в требуемом направлении.</p> <p>11. Смонтировать все шпиндели, отрегулировать подшипники. Проверить радиальное и осевое биение шпинделей. Допускается радиальное биение 0,015 мм, осевое биение 0,015 мм. При наличии повышенных отклонений дефект следует устранить путем подбора подшипников качения соответствующей точности.</p>

Продолжение табл. 8

Эскизы	Содержание операций
	<p>12. Проверить радиальное биение конических отверстий под цапгу всех шпинделей. Допускаемое отклонение 0,015 мм. При наличии повышенных отклонений дефект устранить путем шлифования поверхности конуса шлифовальным приспособлением, укрепленным на суппорте</p>
	<p><i>Ремонт узла поперечного суппорта</i></p> <p>1. <i>Первый вариант.</i> Шабрить поверхности 1—3 суппорта по плите и линейке, проверяя параллельность поверхностей 2 и 3 относительно поверхности 1 микрометром. Непараллельность допускается в пределах 0,02 мм на всю длину</p> <p>Шабрить поверхность 4 по плите, одновременно проверяя ее перпендикулярность к поверхности 1 угольником. Допускаемое отклонение 0,015 мм</p> <p>Шабрить поверхность 5 по плите, проверяя параллельность относительно поверхности 4 микрометром. Допускаемое отклонение 0,02 мм на всей длине</p> <p><i>Второй вариант.</i> Шлифовать поверхность 1—5 суппорта на станке, обеспечив взаимную параллельность и перпендикулярность плоскостей</p>
	<p>2. Шабрить поверхности 1 и 2 станины по сопряженным поверхностям суппорта на краску, одновременно проверяя перпендикулярность этих поверхностей к оси шпинделя по устанавливаемому диску, укрепленному на шпинделе, и индикатору, смонтированному на суппорте. Допускаемая перпендикулярность 0,015 мм на длине 50 мм</p>
	<p>3. Пришабрить поверхность 6 клина предварительно по плите с окончательной пригонкой по месту</p>
	<p>4. Проверить зазор <i>а</i> между прижимной планкой и суппортом. Допускаемый зазор 0,02—0,03 мм на всей длине. При наличии повышенных отклонений шлифовать поверхность 1 планки до получения требуемого зазора</p>

Продолжение табл. 8

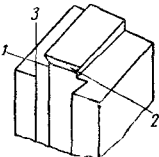
Эскизы	Содержание операций
	<p><i>Ремонт узла шпинделя независимой подачи и узла распределительного вала</i></p> <p>1. Проверить величину износа поверхностей 1 и 2 шпинделя независимой подачи микрометром. При повышенном износе шлифовать поверхности 1 и 2</p>
	<p>2. Шабрить поверхность 3 втулки по шпинделю</p> <p>3. Смонтировать шпиндель в подвесной кронштейн</p>
	<p>4. Проверить параллельность перемещения шпинделя независимой подачи относительно оси шпинделя изделия с помощью индикатора и устанавливаемой оправки. Допускаемое отклонение 0,01 мм на 100 мм. При наличии повышенных отклонений дефект устранить путем шабрения привалочной плоскости 1 подвесного кронштейна</p>
 <p>Примечание. Шейки распределительного вала должны быть проверены на станке и при необходимости проточены</p>	<p>5. Проверить величину опускания в результате износа подшипников распределительного вала путем замера межцентровых расстояний. Если величины а и б меньше межцентрового расстояния червячной пары или зубчатых шестерен, следует произвести перезаливку вкладышей вала на месте следующим образом: а) удалить баббитовую заливку вкладышей 1 и 3; б) установить распределительный вал так, чтобы были сохранены межцентровые расстояния червячной пары и зубчатых шестерен; в) произвести заливку баббитом вкладышей 1 и 3; г) удалить старый баббит и произвести заливку вкладышей 2 и 4; д) пришабрить подшипники 1—4 по шейкам распределительного вала</p>

Горизонтально-фрезерные станки типа 682

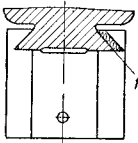
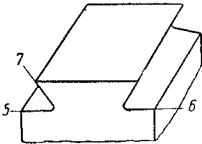
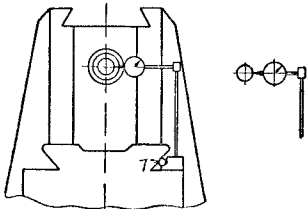
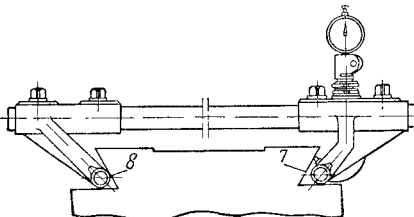
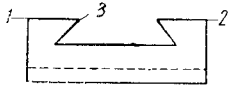
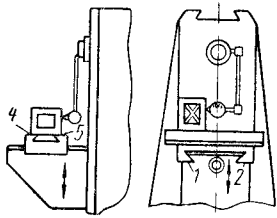
Исходной базой для восстановления всех координат станка является шпин-

дель, с узла которого и следует начинать ремонт. Отремонтированный узел шпинделя регулируют и проверяют на точность, после чего приступают к ремонту станка.

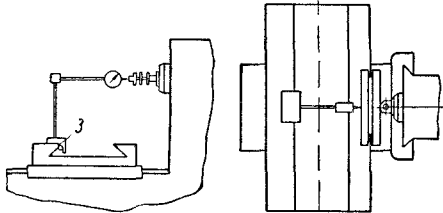
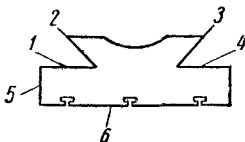
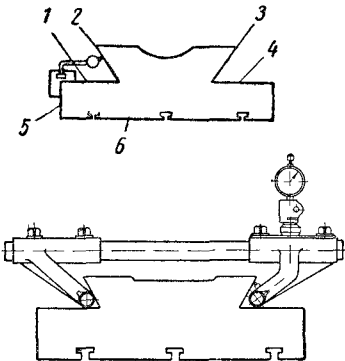
9. Типовой технологический процесс слесарных работ по ремонту горизонтально-фрезерных станков

Эскиз	Содержание операций
	<p><i>Ремонт консоли</i></p> <p>1. Шабрить вертикальные плоскости 1 и 2 консоли по сопрягающимся плоскостям вертикальных направляющих станины</p> <p>2. Шабрить плоскость 3 предварительно по угловой линейке и окончательно по сопрягающейся плоскости направляющих станины</p>

Продолжение табл. 9

Эскизы	Содержание операций
	<p>3. Пришабровать плоскость 1 клина консоли предварительно по линейке и окончательно в сборе станины с консолью</p>
	<p>4. Собрать механизм подъема консоли и поставить консоль на место. Шабрать плоскости 5 и 6 предварительно по угловой линейке и окончательно по сопрягающимся плоскостям поперечных салазок, проверяя параллельность этих плоскостей к оси шпинделя при помощи индикатора и контрольной оправки (жесткой или устанавливаемой)</p>
	<p>5. Шабрать плоскость 7 предварительно по угловой линейке и окончательно по сопрягающейся плоскости поперечных салазок, проверяя параллельность этой плоскости относительно оси шпинделя в горизонтальной плоскости индикатором по контрольной оправке (жесткой или устанавливаемой)</p>
	<p>6. Шабрать плоскость 8 по угловой линейке, проверяя ее параллельность относительно плоскости 7 специальным приспособлением</p>
	<p><i>Ремонт поперечных салазок</i></p> <p>1. Шабрать плоскости 1 и 2 салазок по плите 3 и по угловой линейке</p>
	<p>2. Шабрать верхние плоскости 4 и 5 салазок по плите, проверяя их перпендикулярность относительно плоскостей станины контрольным кубом и индикатором</p> <p>3. Пригнать по месту направляющий клин и отрегулировать плавное перемещение салазок</p>

Продолжение табл. 9

Эскизы	Содержание операций
	<p>4. Шабрить плоскость 3 по сопряженной плоскости стола, проверяя перпендикулярность этой плоскости к оси шпинделя при помощи устанавливаемой линейки и индикатора</p> <p>5. Припнать клин в сборе стола и поперечных салазок</p>
	<p><i>Ремонт стола</i></p> <p><i>Первый вариант</i></p> <p>а) Зачистить шабером забоины на плоскостях 5 и 6;</p> <p>б) шлифовать плоскости 1, 4, 2 и 3, приняв за базу при установке на станке плоскости 5 и 6;</p> <p>в) установить деталь на плоскопараллельные плитки и шлифовать плоскость 6</p> <p><i>Второй вариант</i></p> <p>а) произвести чистовое строгание плоскостей 1, 4, 2 и 3;</p> <p>б) строгать плоскость 6, установив стол на плоскопараллельные плитки. Последующее шабрение вести по третьему варианту</p>
	<p><i>Третий вариант</i></p> <p>а) Шабрить плоскости 1, 2 и 4 по сопрягающимся плоскостям салазок, проверяя параллельность плоскости 2 плоскости 5 призмой и индикатором;</p> <p>б) шабрить плоскости 3 по угловой линейке, проверяя ее параллельность плоскости 2 приспособлением; допустимое отклонение 0,02 мм на всей длине;</p> <p>в) плоскость 6 и пазы профрезеровать после полной сборки станка</p>

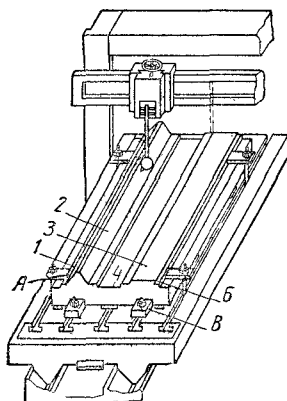
Продольно-строгальные станки

Выбор метода восстановления направляющих стола зависит от величины их износа. Если направляющие не имеют задиrow и изношены в пределах до 0,3 мм на всей длине, то ремонт ведут шабрением. При наличии значительных задиrow и при износе направляющих выше 0,3 мм их

восстанавливают обработкой строганием или шлифованием.

Установка стола при обработке направляющих на станке производится по наименее изношенным поверхностям направляющих 1—4 (фиг. 74), а если нет уверенности в правильности этих плоскостей, выверку следует производить по поверхностям А и Б, строгавшимся с одной уча-

новки с направляющими. Во избежание деформации ремонтируемый стол укладывают на стол станка на подкладках и крепление его производят только по вертикальной оси, проходящей через прокладку. Для предохранения от сдвига



Фиг. 74. Установка стола при строгании направляющих.

по торцам стола устанавливают упоры *В*. В процессе крепления болтов рекомендуется пользоваться индикатором для выявления возможных деформаций стола и принятия мер по их устранению.

Направляющие стола обрабатываются по шаблону, снятому с профиля направляющих уже восстановленной станины.

При шабрении направляющих стола должна быть исключена возможность его деформации. Для этой цели стол устанавливают по уровню на станине ремонтируемого станка, используя ее как плиту. Если станину невозможно использовать для этой цели, стол устанавливают по уровню на бетонном полу.

Направляющие стола шабруются по одному из трех способов в зависимости от состояния поверхностей направляющих и их длины.

Если направляющие подвергались исправлению строганием и имеют отклонения от прямолинейности не более $0,04 \text{ мм}$ на длине 1000 мм , предварительное шабрение можно вести по линейке или мостику без применения контроля призмой с уровнем.

Шабрение направляющих стола длиной до 3 м , не подвергавшихся исправлению строганием, ведут по линейке и мостику с применением дополнительного контроля призмой с уровнем. Шабрение направляю-

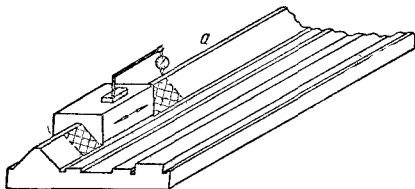
щих стола длиной свыше 3 м ведут «способом маяков» по линейке и мостику или с применением оптической трубы.

Трубу настраивают по концам призматических направляющих. Веху перемещают вдоль направляющих, определяя наиболее изношенное место для создания первой базовой площадки—«маяка». Во избежание перекашивания «маяка» его вышабривают на длине до двух длин призмы по уровню с одновременной проверкой по оптической трубе, затем создают остальные базовые площадки, по которым и шабруют направляющие.

При отсутствии оптической трубы базовые площадки можно нанести пользуясь поверхностью *а* (фиг. 75) в качестве базы-ориентира для проверки площадок по высоте. Боковое смещение «маяков» проверяют по струне и микроскопу.

Поверхность *а* предварительно проверяют по линейке и зачищают шабером от заборки или других повреждений.

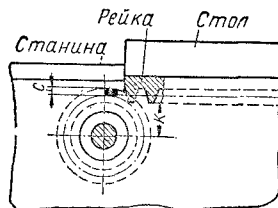
В результате восстановления направляющих стола и станины рейка стола опускается и нарушаются условия зацепления



Фиг. 75. Проверка «маяка» на призматической направляющей.

между ведущей шестерней и рейкой. Для компенсации этого поступают следующим образом:

1) определяют величину *с* (фиг. 76) опускания рейки;



Фиг. 76. Определение величины опускания стола по положению рейки относительно реечной шестерни.

2) если направляющие стола восстанавливаются шабрением, то на величину *с* прострагивают опорную плоскость рейки;

3) если направляющие стола восстанавливаются строганием, то на величину c прострагивают ту плоскость стола, к которой крепится рейка.

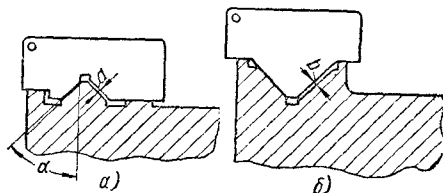
Величину c можно определить, замерив расстояние k от оси вращения шестерни до вершины зуба рейки и подсчитав радиальный зазор зубчатого зацепления, который должен быть не менее 0,25 модуля.

Величину опускания рейки можно определить также из равенства

$$c = \frac{a + b}{\sin \alpha},$$

где a — величина слоя металла, снятого с направляющих стола, замеряемая по шаблону (фиг. 77, а); b — величина слоя металла, снятого с направляющих станины (фиг. 77, б); α — угол наклона призматических направляющих.

Шаблоны для определения величины снимаемого слоя должны быть изготовлены по профилю призматических направляющих

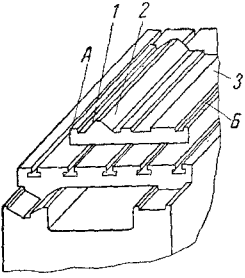
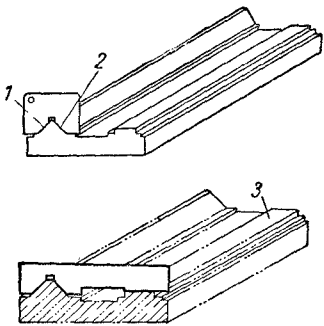


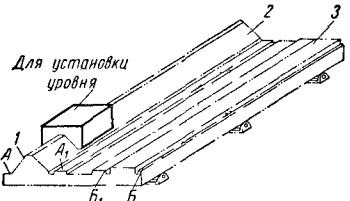
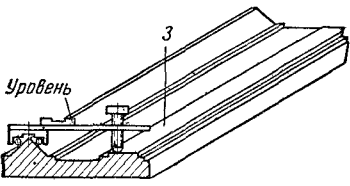
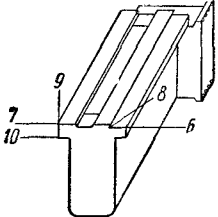
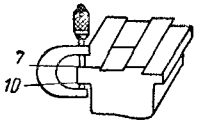
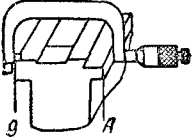
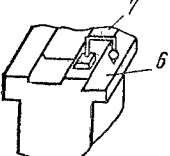
Фиг. 77. Определение величины опускания стола по шаблону.

щих стола и станины до начала их обработки.

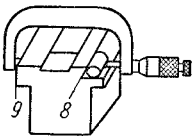
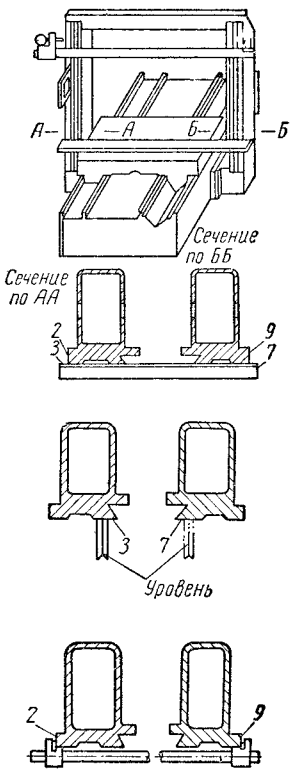
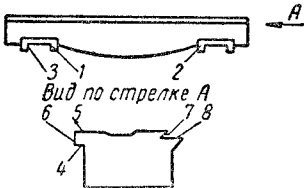
Восстановление стоек производится по одному из двух вариантов, приведенных в табл. 10.

10. Типовой технологический процесс слесарных работ по ремонту основных узлов продольно-строгальных станков

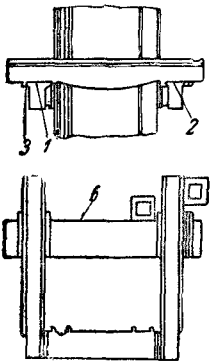
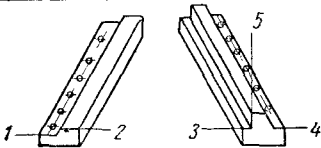
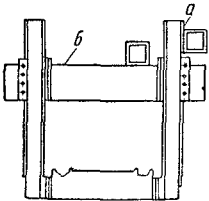
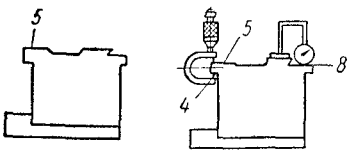
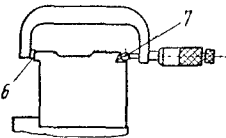
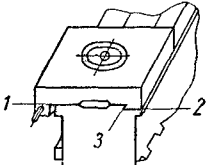
Эскизы	Содержание операций
	<p><i>Восстановление направляющих стола длиной до 4 м</i></p> <p><i>Первый вариант</i></p> <p>1. Установить стол на продольно-строгальный станок. Установку проверить индикатором, укрепленном в резцедержателе вертикального суппорта, по наименее изношенным местам направляющих 1—3, а также по базовым поверхностям А и Б. Установку стола произвести с точностью 0,05 мм</p>
	<p>2. Стругать или шлифовать поверхности 1 и 2 по шаблону</p> <p>3. Стругать или шлифовать поверхность 3 по общему шаблону</p> <p>4. Проверить прямолинейность поверхностей 1—3 поверочной линейкой и шупом при ослабленном креплении. Прямолинейность допускается в пределах 0,04 мм на 1000 мм. Риски на простроганных поверхностях 1—3 не допускаются</p> <p>5. Произвести предварительное шабрение поверхностей 1—3 по линейке на краску</p> <p>6. Шабрить окончательно поверхности 1—3 по сопряженным направляющим станины на краску или притереть пастой ГОИ</p>

Эскизы	Содержание операций
 <p>Для установки уровня</p>	<p><i>Второй вариант</i></p> <p>1. Установить стол на станину ремонтируемого станка или на бетонное основание и выверить его с помощью регулируемых клиньев по уровню, устанавливаемому на базовые поверхности А и Б или А₁ и Б₁, а также на наименее изношенном месте направляющих</p> <p>2. Шабрить предварительно поверхности 1 и 2 по линейке и призме с установленным на ней уровнем</p>
 <p>Уровень</p>	<p>3. Шабрить предварительно поверхность 3 по линейке, проверяя спиральную извернутость с помощью приспособления и уровня</p> <p>4. Шабрить окончательно поверхности 1—3 стола по сопрягающимся поверхностям станины</p>
	<p><i>Восстановление направляющих стоек</i></p> <p><i>Первый вариант</i></p> <p>1. Шабрить поверхность 7 по плите и линейке на краску</p>
	<p>2. Шабрить поверхность 10 по линейке, проверяя ее параллельность относительно поверхности 7 микрометром. Допускаемая непараллельность 0,02 мм на всей длине</p>
	<p>3. Шабрить поверхность 9 по линейке, проверяя микрометром параллельность поверхности 9 базовой поверхности А. Допускаемая непараллельность 0,03 мм на всей длине</p>
	<p>4. Шабрить поверхность 6 по линейке, проверяя параллельность поверхности 7 при помощи индикатора</p>

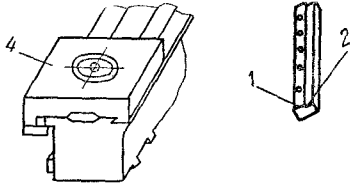
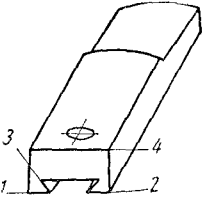
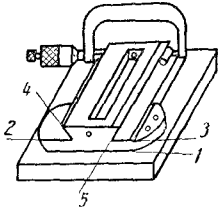
Продолжение табл. 10

Эскизы	Содержание операций
	<p>5. Шабрить поверхность 8 по угловой линейке, проверяя параллельность этой поверхности относительно поверхности 9 с помощью микрометра и ролика или приспособлением</p>
	<p>6. Установить стойки на место, зафиксировать их установочными шпильками и закрепить болтами</p> <p>7. Проверить: а) взаимную параллельность направляющих поверхностей стоек 3 и 7 с помощью рамного уровня; допускаемая непараллельность 0,03 мм на 1000 мм; б) совмещение поверхностей 3 и 7 в одной плоскости по поверочной линейке; в) взаимную параллельность поверхностей 2 и 9 при помощи приспособления; допускаемая непараллельность 0,05 мм на всей длине</p> <p>Если при указанных проверках выявятся повышенные отклонения, стойки снимаются и производится их исправление согласно операциям 8, 9 и 10</p> <p>8. При отклонении от вертикальности поверхностей 3 и 7 произвести шабрение опорной плоскости шина стойки, для того чтобы обе стойки получили вертикальное направление</p> <p>9. Если поверхности 3 и 7 оказываются не в одной плоскости, сместить одну из стоек</p> <p>10. При непараллельности поверхностей 2 и 9 пришабрить опорную плоскость стоек так, чтобы выдержать параллельность поверхностей 2 и 9 в пределах 0,05 мм на всей длине</p> <p>11. Окончательно установить и выверить обе стойки, затянуть болты крепления, просверлить и развернуть отверстия под установочные шпильки и поставить новые шпильки</p> <p><i>Второй вариант</i></p> <p>1. Не снимая стоек со станины, шабрить поверхности 3 и 7 стоек по плите и линейке, одновременно проверяя взаимную параллельность поверхностей 3 и 7 с помощью рамного уровня</p> <p>2. Шабрить поверхность 2 по линейке и одновременно проверяя параллельность поверхности 2 с помощью специального приспособления (см. операцию 7). Шабрение остальных поверхностей стоек вести аналогично первому варианту</p>
 <p>Вид по стрелке А</p>	<p><i>Ремонт траверсы</i></p> <p>1. Шабрить поверхности 1 и 2 по сопрягающимся направляющим стоек на краску</p>

Продолжение табл. 10

Эскизы	Содержание операций
	<p>2. Шабрить поверхность 3 по сопрягающейся направляющей стойки, одновременно проверяя перпендикулярность поверхности 6 к поверхности а стойки с помощью рамного уровня. Допускаемая неперпендикулярность 0,05 мм на 1000 мм</p> <p>Примечание. Уровень устанавливается на менее изношенную часть траверсы (на краю)</p> <p>3. Зафиксировать положение траверсы по отношению к стойкам затягиванием планок</p>
	<p>4. Пришажить предварительно плоскости планок 2, 3 и 5 по плите с окончательной пригонкой этих плоскостей по месту в сборе с траверсой</p> <p>5. Собрать траверсу вместе с планками и отрегулировать крепление их</p>
	<p>6. Шабрить поверхность 6 по линейке на краску, проверяя уровнем перпендикулярность поверхности 6 траверсы к поверхности а стойки. Допускаемая неперпендикулярность 0,03 мм на 1000 мм</p>
	<p>7. Снять траверсу и положить на брусья</p> <p>8. Шабрить поверхность 5 по линейке и плите</p> <p>9. Шабрить поверхность 4 по линейке, проверяя параллельность поверхности 5 микрометром</p> <p>10. Шабрить поверхность 8 по линейке, проверяя индикатором параллельность поверхности 8 и поверхности 5. Допускаемая непараллельность 0,03 мм на всей длине</p>
	<p>11. Шабрить поверхность 7 по угловой линейке, проверяя параллельность поверхности 6 при помощи микрометра и ролика или применяя специальное приспособление. Допускаемая непараллельность 0,03 мм на всей длине</p>
	<p><i>Ремонт суппорта</i></p> <p>1. Шабрить поверхности 1—3 нижних салазок суппорта по сопрягающимся поверхностям траверсы на краску</p> <p>2. Пришажить клин в сборе с салазками по сопрягающейся поверхности траверсы</p>

Продолжение табл. 10

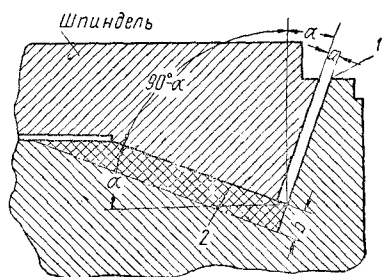
Эскизы	Содержание операций
	<p>3. Привернуть прижимную планку к салазкам и шулом определить величину имеющегося зазора. Допускаемый зазор 0,02–0,03 мм. При повышенном зазоре припилить и пришабрить или шлифовать поверхности 1 и 2 планки к салазкам так, чтобы зазор не выходил за пределы допускаемой величины. Зачистить шабером поверхность 4</p>
	<p>4. Шабрить поверхности 1 и 2 верхних салазок по плите. Поверхность 3 шабрить по угловой линейке. Поверхность 4 зачистить шабером, проверив ее плоскостность по плите</p>
	<p>5. Шабрить поверхность 1 поворотной части суппорта по плите на краску 6. Шабрить поверхности 2–4 поворотной части суппорта по сопрягающимся поверхностям верхних салазок на краску 7. Шабрить поверхность 5 поворотных салазок по угловой линейке, проверяя параллельность ее поверхности 4 микрометром и роликами. Допускаемая непараллельность 0,02 мм на всей длине</p>

Первый вариант используется при восстановлении стоек, имеющих износ направляющих плоскостей выше 0,3 мм. Ввиду того что шабрение стоек в вертикальном положении — дело весьма затруднительное, этот вариант предусматривает демонтаж и выполнение всех операций по шабрению плоскостей в горизонтальном положении стоек.

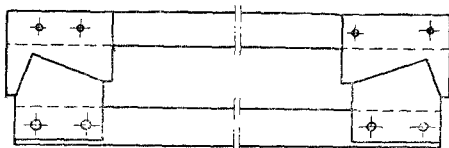
Если износ рабочих поверхностей направляющих стоек не превышает 0,3 мм, стойки восстанавливаются на месте без демонтажа.

Карусельные станки

При эксплуатации карусельных станков с круговыми направляющими, имеющими V-образную форму с разными углами наклона, в результате износа поверхности 1 (фиг. 78) станины и сопряженной с ней поверхностью шпинделя образуется



Фиг. 78. Определение величины проточки круговой направляющей карусельного станка для устранения зазора α.

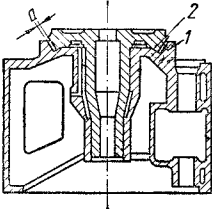
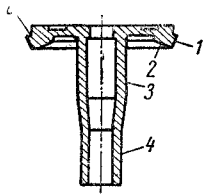
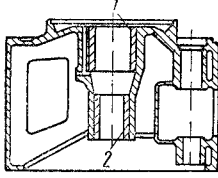
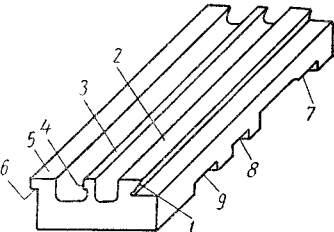


Фиг. 79. Шаблон и контршаблон для обработки круговых направляющих карусельного станка.

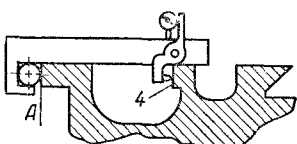
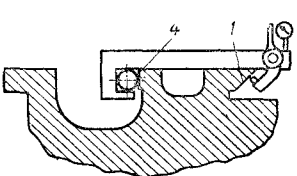
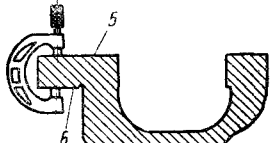
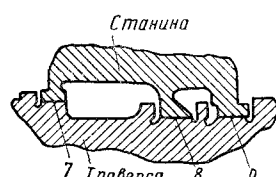
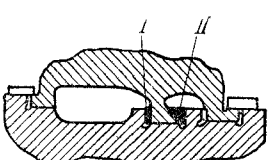
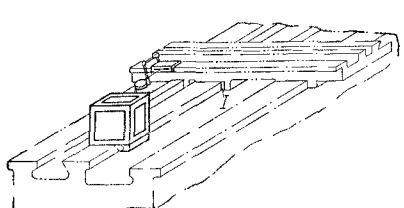
зазор a . Для устранения этого зазора с поверхности 2 шпинделя или станины необходимо снять слой металла.

При исправлении направляющих механической обработкой пользуются шаблоном и контршаблоном (фиг. 79).

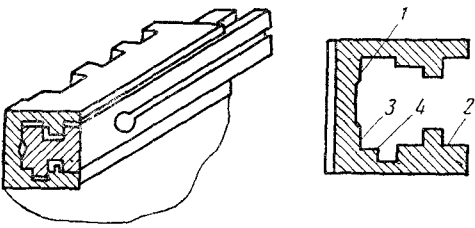
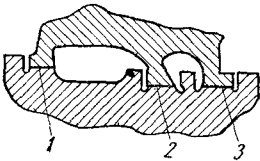
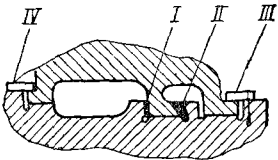
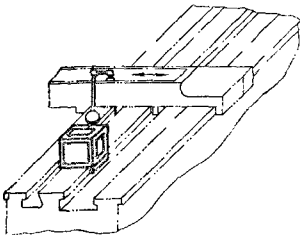
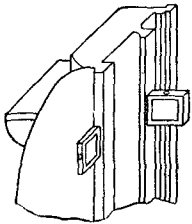
11. Типовой технологический процесс слесарных работ по ремонту основных узлов карусельных станков

Эскизы	Содержание операций
	<p><i>Ремонт узла стола</i></p> <p>1. Замерить величину наибольшего зазора a между изношенной кольцевой направляющей 1 основания и сопряженной поверхностью 2 шпинделя. Если зазор a превышает 0,2 мм, для сокращения шабровочных работ шпиндель проточить по поверхности 2. При наличии на направляющих станины (основании планшайбы) задиров глубиной выше 0,4 мм произвести механическую обработку этих поверхностей на станке или на месте с помощью специального приспособления (см. стр. 781)</p>
	<p>2. Замерить шейки 3 и 4 шпинделя. Эллипсность и конусность допускаются в пределах 0,02 мм. Если отклонения выше указанных или имеются глубокие риски на поверхностях 1—4, шпиндель проточить. За базу при установке шпинделя на станке принимать поверхность a и неизношенные части шеек 3 и 4. Поверхности 1 и 2 протачивать по контршаблону, изготовленному по профилю направляющих станины</p>
	<p>3. Заменить старые втулки 1 и 2 новыми и произвести шабрение поверхностей втулок по шейке шпинделя до получения требуемого зазора</p> <p>4. Пришабрить кольцевые направляющие основания стола и шпинделя</p>
	<p><i>Ремонт узла траверсы</i></p> <p>1. Шабрить поверхности 2, 3 и 5 по контрольной линейке и плите, проверяя параллельность плоскости 6 в неизношенных местах (на концах траверсы)</p>

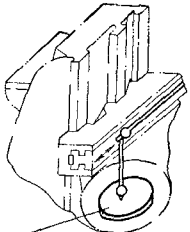
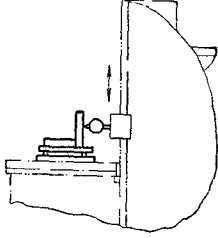
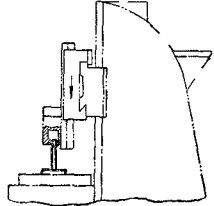
Продолжение табл. 11

Эскизы	Содержание операций
	<p>2. Шабрить плоскость 4 по линейке, обеспечивая ее параллельность базовой плоскости А</p>
	<p>3. Шабрить плоскость 1 по линейке, обеспечивая ее параллельность плоскости 4. Допускаемое отклонение 0,03 мм на всей длине</p>
	<p>4. Шабрить плоскость 6 по линейке, проверяя параллельность ее плоскости 5 микрометром. Допускается отклонение 0,03 мм на всей длине</p>
	<p>5. Шабрить поверхности 7—9 по сопрягающимся направляющим станины</p>
	<p>6. Пригнать клинья I и II по месту</p>
	<p>7. Проверить перпендикулярность направляющих траверсы к направляющим станины при помощи контрольного куба и индикатора. Допускается отклонение 0,01 мм на длине 300 мм. Отклонения выше допускаемых устранить путем перешибания сопрягающихся со станиной плоскостей I и II клиньев</p>

Продолжение табл. 11

Эскизы	Содержание операций
	<p><i>Ремонт бокового суппорта</i></p> <p>1. Шабрить плоскости 1—4 по сопрягающимся плоскостям бокового ползуна</p> <p>2. Шабрить клинья предварительно по линейке и окончательно в сборе с ползуном</p>
	<p>3. Шабрить поверхности 1—3 по сопрягающимся плоскостям станины</p>
	<p>4. Шабрить клинья I и II и планки III и IV предварительно по линейке и окончательно в сборе с боковым суппортом</p>
	<p>5. Проверить перпендикулярность направляющих поперечного суппорта к направляющим станины при помощи индикатора и контрольного куба, установленного на направляющих станины. Допускаемое отклонение 0,01 мм на длине 300 мм. При наличии отклонения выше указанного произвести перешабровку плоскостей клиньев, сопрягающихся с плоскостями станины</p>
	<p><i>Выверка станины и стола станка</i></p> <p>1. Установить станину на фундаменте и выверить ее по равному уровню в двух взаимно-перпендикулярных плоскостях. Допускаемое отклонение от горизонтального положения 0,05 мм на 1000 мм</p> <p>2. Произвести окончательную сборку узлов траверсы, бокового суппорта и стола</p>

Продолжение табл. 11

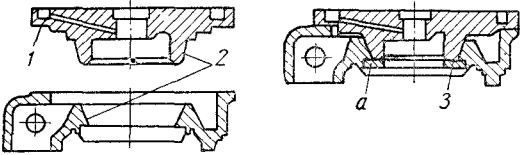
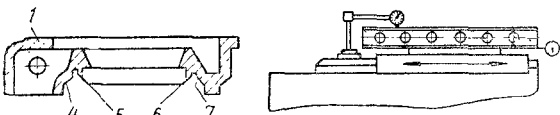
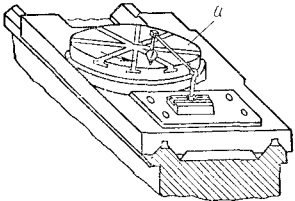
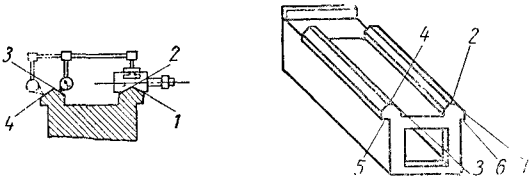
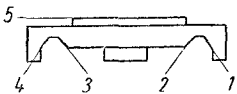
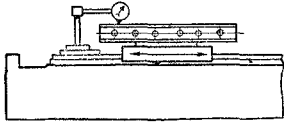
Эскизы	Содержание операций
 <p><i>Устанавливаемый диск</i></p>	<p>3. Закрепить на столе устанавливаемый диск (фиг. 47 на стр. 612) и выверить его на биение с точностью до 0,01 мм.</p> <p>4. Проверить перпендикулярность оси стола к направляющим бокового суппорта с помощью устанавливаемого диска и индикатора, закрепленного в суппорте. Допускаемое отклонение 0,02 мм на длине 300 мм. При наличии отклонений выше допускаемых дефект устранить за счет поворота передней отъемной части станины (основания планшайбы) в требуемом направлении.</p>
	<p>5. Проверить параллельность оси стола направляющим вертикального суппорта с помощью угольника, устанавливаемого диска и индикатора. Допускаемое отклонение 0,02 мм на 300 мм. При наличии больших отклонений дефект устранить путем шабровки привальной плоскости передней отъемной части станины.</p> <p>6. Проточить поверхность стола (планшайбы). Допускается отклонение 0,04 мм от плоскости на диаметре 1000 мм (только вогнутость).</p>
	<p>7. Проверить совпадение оси отверстия револьверной головки и стола. Допускаемое несовпадение осей 0,05 мм. При большем несовпадении дефект устранить путем расточки отверстий револьверной головки специальной оправкой, установленной на планшайбе.</p>

Зубофрезерные станки типа 532

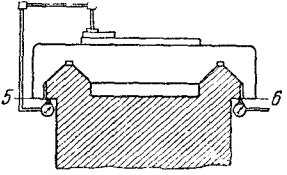

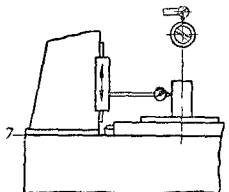
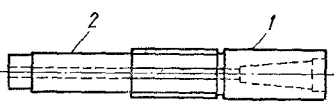
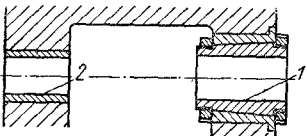
Ремонт станины производится в соответствии с указаниями, содержащимися в разделе «Ремонт станин» (стр. 760). Кинематическая точность станка восстанавливается заменой изношенной чер-

вячной пары новой, изготовленной по 1-му классу точности, или применением корректирующего устройства, компенсирующего погрешности делительной пары (см. раздел «Повышение кинематической точности станков», стр. 294).

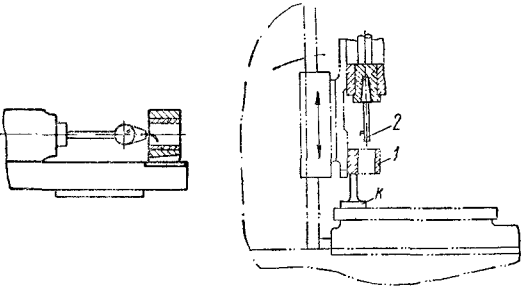
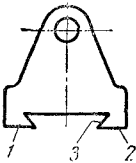
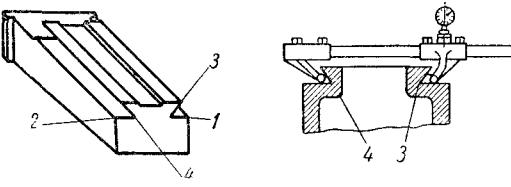
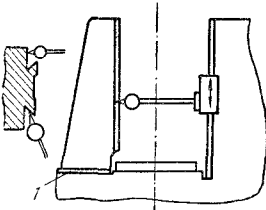
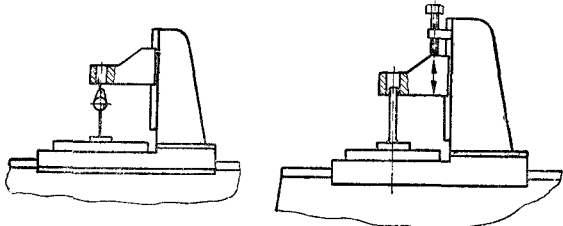
12. Типовой технологический процесс слесарных работ по ремонту основных узлов зубофрезерных станков

Эскизы	Содержание операций
	<p><i>Ремонт салазок и стола</i></p> <p>1. Пришпавить поверхности 1 и 2 стола и сопряженных поверхностей салазок на краску</p> <p>2. Пришпавить поверхность 3 кольца <i>a</i> и салазок в сборе со столом. Допускаемый зазор 0,02—0,03 мм</p>
	<p>3. Шлифовать поверхности 4—7 салазок по сопрягающимся поверхностям станины, одновременно проверяя параллельность поверхности 1 салазок направляющим станины с помощью индикатора и линейки, уложенной на поверхности 1. Допускаемая непараллельность 0,02 мм на длине 500 мм</p>
	<p>4. Шлифовать поверхности <i>a</i> по плите, одновременно проверяя торцовое биение стола индикатором. Допускаемое отклонение 0,015 мм на диаметре стола</p>
	<p><i>Ремонт передней стойки, салазок и фрезерной каретки</i></p> <p>1. Шлифовать поверхности 1 и 2 по призме и линейке</p> <p>2. Шлифовать поверхности 3 и 4 по линейке, проверяя параллельность этих поверхностей поверхностями 1 и 2 индикатором</p>
	<p>3. Пришпавить поверхность 5 салазок по плите</p>
	<p>4. Пришпавить поверхности 1—4 салазок по сопрягающимся поверхностям направляющих стойки, одновременно проверяя параллельность поверхности 5 направляющим передней стойки индикатором и линейкой</p>

Продолжение табл. 12

Эскизы	Содержание операций
	<p>5. Шабрить поверхности 5 и 6 стойки по линейке, проверяя их параллельность поверхностям 1—4 стойки индикатором, установленным на салазках. Допустимое отклонение 0,03 мм на всей длине</p>
	<p>6. Пришабрить поверхность 1 фрезерной каретки по сопрягающейся поверхности 5 салазок 7. Смонтировать салазки и переднюю стойку на станину</p>
	<p>8. Проверить перпендикулярность направляющих стоек к плоскости стола индикатором, укрепленным на каретке, по контрольному цилиндру, установленному на столе. Допускаемое отклонение 0,02 мм на длине 300 мм. При большем отклонении дефект устранить шабрением опорной поверхности 7 станины</p>
	<p><i>Ремонт узла шпинделя</i> 1. Проверить пассаметром рабочие шейки 1 и 2 шпинделя. Допускаемая эллипсность и конусность 0,01 мм. При повышенных отклонениях шлифовать поверхности шеек, приняв за базу при установке шпинделя на станке изношенные части шеек 2. Проверить на станке радиальное биение оси конического отверстия шпинделя с помощью контрольной оправки и индикатора. Допускаемое отклонение 0,01 мм на длине 150 мм. Если отклонение больше указанного, произвести исправление конического отверстия на станке с помощью шлифовального прибора. Если фактическое отклонение не превышает 0,03 мм на 150 мм, допускается исправление конического отверстия шабером и притиром</p>
	<p>3. Шабрить поверхности 1 и 2 переднего и заднего подшпинников по шейкам шпинделя 4. Смонтировать узел шпинделя и отрегулировать подшпинники, после чего проверить: а) радиальное биение оси конического отверстия шпинделя; допускаемое отклонение 0,01 мм на длине 150 мм; б) осевое биение шпинделя; допускаемое отклонение 0,01 мм; если отклонения превышают допускаемые, довести коническое отверстие шпинделя на месте шабером и притиром</p>

Продолжение табл. 12

Эскизы	Содержание операций
	<p>5. Установить поддерживающий подшипник на суппорт и проверить соосность его и шпинделя с помощью оправки, вставленной в шпиндель станка и индикатора. Допускаемое отклонение 0,01 мм. При повышенном отклонении расточить отверстие поддерживающего подшипника на месте при помощи оправки с резцом, вставленной в шпиндель</p>
	<p><i>Ремонт узла задней стойки</i> 1. Шабрить поверхности 1 и 2 кронштейна по плите и поверхность 3 по угловой линейке</p>
	<p>2. Шабрить поверхности 1—3 задней стойки по соприкасающимся поверхностям кронштейна и по линейке 3. Шабрить поверхность 4 задней стойки по угловой линейке, проверяя параллельность этой плоскости поверхности 3 с помощью приспособления. Допускаемое отклонение 0,02 мм на всей длине</p>
	<p>4. Смонтировать заднюю стойку 5. Проверить параллельность направляющих кронштейна направляющим фрезерной каретки с помощью индикатора, укрепленного на фрезерной каретке, которой сообщается вертикальное перемещение. Проверку произвести в продольной и поперечной плоскостях. Допускаемое отклонение 0,02 мм на длине 300 мм. При наличии повышенных отклонений дефект устранить путем шабрения опорной поверхности 1 салазок</p>
	<p>6. Проверить соосность стола и отверстия подшипника поддерживающего кронштейна с помощью индикатора и оправки, укрепленной на столе. Допускаемое отклонение 0,02 мм на расстоянии от поверхности стола 200 мм. При повышенных отклонениях расточить на месте отверстие в кронштейне специальной оправкой, установленной на столе станка</p>

Зубодолбежные станки типа 516

При ремонте зубодолбежных станков наибольшую сложность представляет получение равномерности окружного шага и допускаемой величины накопленной ошибки окружных шагов у нарезаемых колес.

Неточности профиля и шага зубьев у нарезаемых на станке колес возникают главным образом в результате:

а) ненормальных зазоров в узлах штосселя, подвижного копира и шпинделя изделия;

б) ошибок цепи деления и прежде всего ошибок червячных пар вращения шпинделя изделия и штосселя, поэтому при ремонте особое внимание должно быть уделено доводке поверхностей отверстий, сопрягающихся со штосселем и шпинделем, а также доводке поверхностей их шеек.

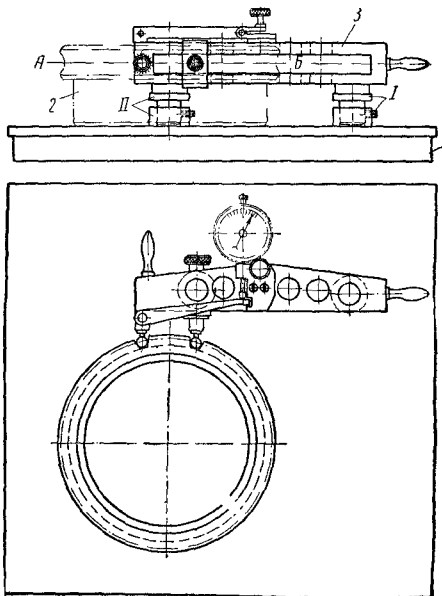
Для определения величины ошибок цепи деления перед разборкой станка необходимо отрегулировать (возможно точнее) шпиндель изделия и узел штосселя, нарезать чугунную шестерню новым проверенным режущим инструментом (долбяком) и произвести замеры нарезанной шестерни, определив равномерность шага и величину накопленной ошибки. Если обнаружатся повышенные отклонения, после разборки станка проверяют делительные червячные шестерни.

Проверка делительных шестерен обычно производится на стационарном приборе в заводской лаборатории или специальной индикаторной скобой.

Измерение группового шага индикаторной скобой ведется следующим образом. На поверочную плиту 1 (фиг. 80) устанавливаются проверяемая червячная шестерня 2 и индикаторная скоба 3. Последняя устанавливается по высоте на регулируемых опорах I и II таким образом, чтобы центры шарика лежали в плоскости, проходящей через ось А — Б зубчатой

части шестерни. Скоба придвигается к колесу до соприкосновения шариков с поверхностью зубьев. При этом индикатор настраивается на нулевое деление.

Скобу последовательно перемещают по зубьям шестерни, записывая величину и направление отклонения каждого зуба. После этого подсчитывают наибольшую



Фиг. 80. Проверка шага между зубьями червячной шестерни индикаторным прибором.

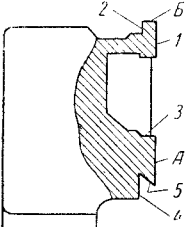
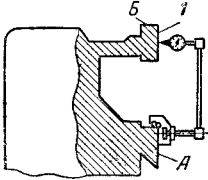
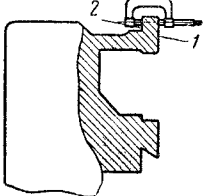
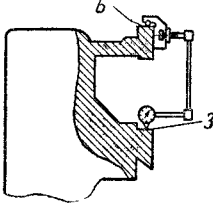
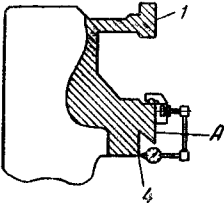
разность и накопленную погрешность шагов. При соотношении плеч рычага 1 : 5 цена деления индикатора равняется 2 мк. В зависимости от модуля шарика меняются.

В табл. 13 приведены диаметры сменных шариков в зависимости от модуля измеряемой шестерни.

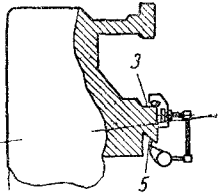
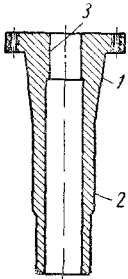
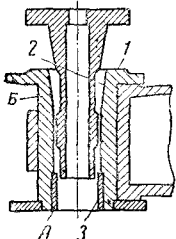
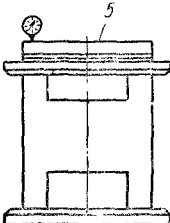
13. Диаметры сменных шариков индикаторной скобы для проверки точности делительных колес

Модуль	3	3,5	4	4,5	5	6	7	8	9	10	11	12
Диаметр шарика в мм	5,04	5,88	6,72	7,56	8,40	9,24	10,08	10,92	11,76	12,60	13,44	14,28

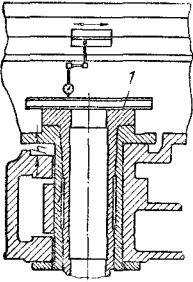
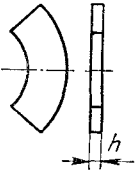
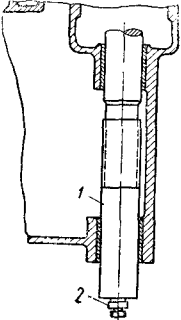
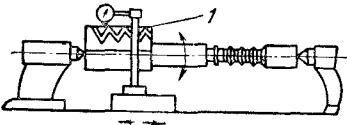
14. Типовой технологический процесс слесарных работ по ремонту основных узлов зубодолбежных станков

Эскизы	Содержание операций
	<p><i>Восстановление поперечины</i></p> <p>1. Проверить по поверочной линейке базовые поверхности <i>A</i> и <i>B</i>. При наличии забоина или других дефектов зачистить или выровнять их шабрением по линейке. Допускаемая непрямолинейность поверхностей <i>A</i> и <i>B</i> 0,02 мм на 1000 мм</p>
	<p>2. Шабрить поверхность <i>1</i> по линейке, одновременно проверяя параллельность поверхности <i>1</i> базовой поверхности <i>A</i> с помощью призмы и индикатора. Допускается непараллельность в пределах 0,03 мм на всей длине</p>
	<p>3. Шабрить поверхность <i>2</i> по линейке, одновременно проверяя ее параллельность поверхности <i>1</i> с помощью микрометра. Допускаемая непараллельность 0,02 мм на всю длину</p>
	<p>4. Шабрить поверхность <i>3</i> по линейке, одновременно проверяя параллельность ее базовой поверхности <i>B</i> индикатором. Допускаемая непараллельность 0,03 мм на всей длине</p>
	<p>5. Шабрить поверхность <i>4</i> по линейке, одновременно проверяя параллельность этой поверхности базовой поверхности <i>A</i> индикатором. Допускаемая непараллельность 0,03 мм на всей длине</p>

Продолжение табл. 14

Эскизы	Содержание операций
	<p>6. Шабрить поверхность 5 по угловой линейке, одновременно проверяя ее параллельность поверхности 3 индикатором. Допускаемая непараллельность 0,02 мм на всей длине</p>
	<p><i>Ремонт узла шпинделя изделия</i></p> <p>1. Установить шпиндель на токарный станок и проверить величину эллипсности шеек 1 и 2 и concentricity поверхности отверстия 3 относительно шеек 1 и 2. Допускаемая эллипсность шеек 0,01 мм. При наличии эллипсности шеек 1 и 2 до 0,02 мм дефект устранить доводкой этих поверхностей притирами. При эллипсности большей 0,02 мм дефект устранить шлифованием шеек на станке. Отверстие 3 шпинделя исправить доводкой притиром или шлифованием на станке</p>
	<p>2. Проверить сопряжение цилиндрической шейки шпинделя с отверстием втулки Б. Допускаемый зазор 0,02 мм. При повышенном отклонении следует расточить нижнюю часть втулки Б под запрессовку компенсирующей втулки А</p> <p>3. Шабрить поверхности 1—3 втулки по сопрягающимся поверхностям шпинделя</p>
	<p>4. Шабрить поверхность 5 шпинделя по плите на краску, одновременно проверяя торцовое биение этой поверхности индикатором</p>

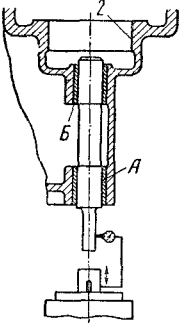
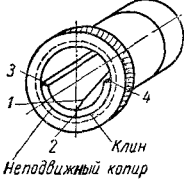
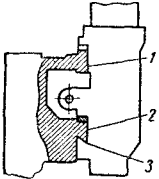
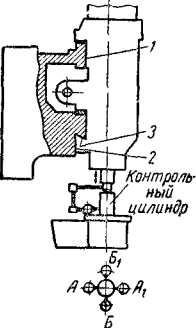
Продолжение табл. 14

Эскизы	Содержание операций
	<p>5. Установить шпиндель так, чтобы поверхность 1 была параллельна направляющим поперечины. Проверка производится индикатором и линейкой.</p> <p>6. Замерить величину зазора h для определения толщины опорных планок стола</p>
	<p>7. Прошлифовать опорные планки, согласовав их толщину с размером h, и установить их на место</p>
	<p>8. Проверить величину эллипсности поверхности 1 штосселя и величину износа посадочной поверхности 2 под долбяк. Допускаемая эллипсность и конусность поверхности 1 не более 0,006 мм. При наличии эллипсности до 0,015 мм произвести доводку этой поверхности притиром. При большем отклонении поверхность 1 шлифовать с последующей доводкой притиром. Шейка 2 под долбяк должна соответствовать размеру, предусмотренному чертежом. При наличии ее износа произвести хромирование поверхности 2 шейки с последующим шлифованием на размер, предусмотренный чертежом.</p> <p>9. Проверить зазор между штосселем и отверстиями под него во втулках (по поверхности 1). Допускаемый зазор 0,01 мм. При большем зазоре заменить втулки с обязательной доводкой их отверстий притиром</p>
	<p><i>Восстановление узла копира</i></p> <p>1. Проверить индикатором износ поверхности 1 подвижного копира, для чего копир в сборе со штосселем установить в центрах. Величину износа определяют поочередно, перемещая индикатор и вращая копир. Износ допускается не более 0,02 мм.</p>

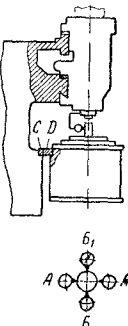
Продолжение табл. 14

Эскизы	Содержание операций
<p>Неподвижный копир</p> <p>Регулирующий клин</p>	<p>При большем износе восстановление копира производить следующим образом: а) монтировать на штоссель подвижной копир А и технологическое кольцо-свидетель Б; б) шлифовать поверхность 1 подвижного копира А и технологическое кольцо Б одновременно, при этом замеры диаметра копира производить по кольцу Б; в) укрепить на специальную оправку неподвижный копир и клин; г) шлифовать поверхность 1 неподвижного копира и клина на диаметр, равный диаметру шлифованного подвижного копира; д) шабрить поверхности 1 и 2 образующей цилиндра с помощью специальной шабровочной плиты, проверяя параллельность поверхностей 1 и 2 образующей цилиндра с помощью индикатора методом засечек. Специальная плита вместе с подвижным копиром устанавливается на поверочную плиту. Поверхности 1 и 2 должны лежать в одной плоскости и быть параллельны образующей цилиндрической поверхности копира. Допускаемая непараллельность 0,01 мм на всю длину</p>
	<p>2. Проверить износ поверхности 1 червячной шестерни микрометром. Допускаемая эллипсность 0,015 мм</p>
	<p>3. Проверить износ поверхности 2 червячной шестерни с помощью индикатора и пары призм. Допускаемая неконцентричность 0,02 мм</p>
	<p>4. Проверить сопряжение подвижного копира с поверхностью 1 отверстия компенсаторной втулки К. Допускаемый зазор 0,02 мм</p> <p>5. Проверить сопряжение наружной поверхности червячной шестерни с сопряженным отверстием 2 корпуса каретки</p>

Продолжение табл. 14

Эскизы	Содержание операций
	<p>6. В случае выявления повышенных отклонений при проверках, предусмотренных операциями 2—5, узел копира восстанавливается следующим образом: а) при повышенном зазоре между поверхностью копира и компенсаторной втулкой <i>К</i> последняя заменяется новой; б) при повышенном зазоре между отверстием 2 корпуса каретки и сопряженной поверхностью червячной шестерни она заменяется новой или растачивается поверхность 2 корпуса с установкой компенсаторной втулки, при этом сопряженная поверхность червячной шестерни, если она имеет повышенный износ или неправильную геометрическую форму, должна быть проточена до получения правильной формы поверхности; при расточке отверстия 2 корпуса каретки за базу для установки принимается ось отверстий под втулки <i>А</i> и <i>Б</i></p>
	<p>7. Укрепить неподвижный копира во втулке червячной шестерни 8. Пришпавить поверхность 1 клина к поверхности 2 неподвижного копира 9. Шабрить одновременно поверхности 3 и 4 по сопрягающимся поверхностям подвижного копира на краску</p>
	<p><i>Ремонт каретки штоделя</i></p> <p>1. Шабрить предварительно плоскости 1—3 каретки по сопрягающимся плоскостям поперечины 2. Собрать полностью узел каретки, установить на поперечину и затянуть каретку клином</p>
	<p>3. Проверить перпендикулярность оси шпинделя к плоскости стола в направлении <i>А—А₁</i> и <i>Б—Б₁</i>. Допускаемое отклонение 0,01 мм на длину максимального хода долбяка. При повышенных отклонениях произвести исправление дефекта путем дополнительного шабрения плоскостей 1—3 с учетом направления и величины выявленных отклонений</p>

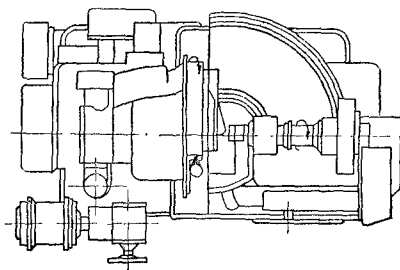
Продолжение табл. 14

Эскизы	Содержание операций
	<p>4. Проверить соосность штосселя и шпинделя изделия с помощью индикатора и контрольной оправки, вставленной в шпиндель. Положение каретки на поперечине регулируется таким образом, чтобы ось шпинделя и ось оправки лежали в одной продольной плоскости (при повороте шпинделя показания индикатора в положениях B и B_1 должны быть одинаковыми). После достижения соосности произвести измерение относительного расположения осей в поперечной плоскости в положениях A и A_1. Несоосность штосселя и шпинделя изделия допускается в пределах $0,02$ мм. При наличии повышенного отклонения отрегулировать совмещение осей с помощью упорных сухарей C и D.</p>

Зубострогальные станки типа 526

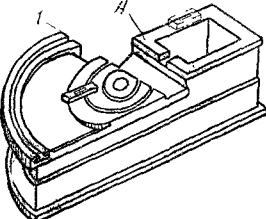
Перед разборкой станка проверяют радиальное биение оси конического отверстия шпинделя изделия по контрольной оправке и точность кинематической цепи, связывающей качание люльки с вращением шпинделя изделия.

Последняя проверка производится при медленном движении люльки и передаточном отношении обкатки 1 : 1 (фиг. 81). Бабка станка устанавливается в положение, при котором ось шпинделя изделия совпадает с осью качания люльки. Индикатор закрепляется на оправке так, чтобы его измерительный стержень касался поверхности обработанной площадки выступа на люльке. При медленном движении люльки снизу вверх наибольшее показание индикатора на любом участке угла качания в пределах 60° не должно превышать $0,04$ мм на радиусе 250 мм.

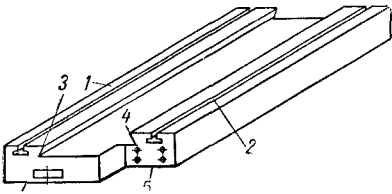
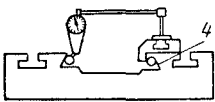
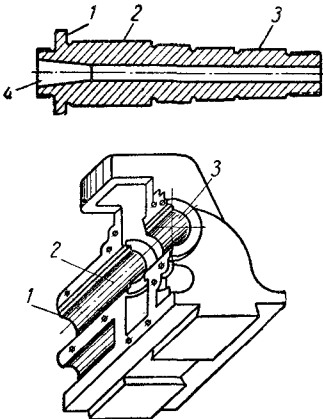
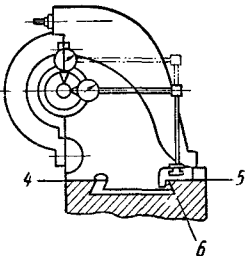


Фиг. 81. Проверка точности кинематической цепи зубострогального станка.

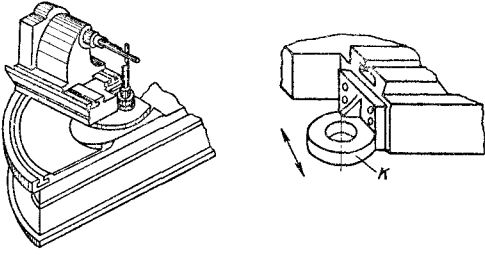
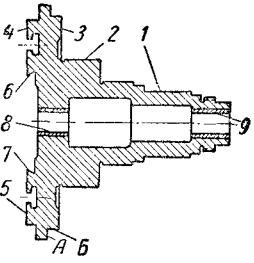
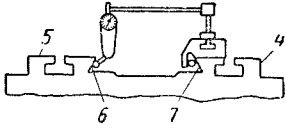
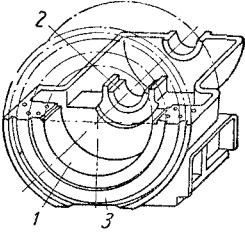
15. Типовой технологический процесс слесарных работ по ремонту основных узлов зубострогальных станков

Эскизы	Содержание операций
	<p>Ремонт станины, поворотных салазок и узла делительной бабки</p> <p>1. Проверить положение станины по уровню, установленному на базовой поверхности A. Допускаемое отклонение от горизонтального положения $0,1$ мм на 1000 мм. При большем отклонении станину переустановить. Допускаемое отклонение при переустановке $0,05$ мм на 1000 мм.</p> <p>2. Шабрить поверхность 1 станины по плите, одновременно проверяя ее параллельность базовой плоскости A уровнем. Допускаемая непараллельность $0,04$ мм на 1000 мм.</p>

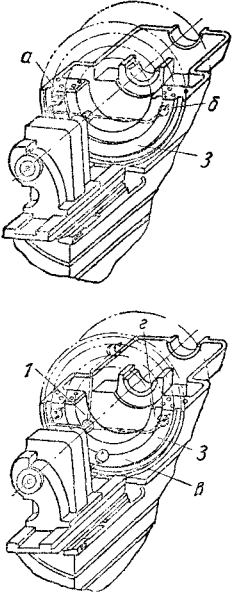
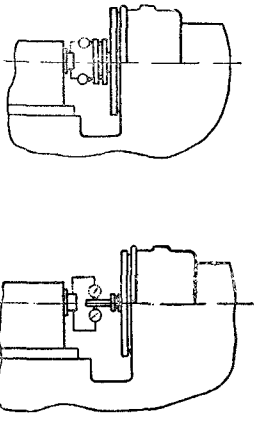
Продолжение табл. 15

Эскизы	Содержание операций
	<p>3. Шабрить поверхности 1 и 2 поворотных салазок по шабровочной плите</p> <p>4. Шабрить поверхность 3 поворотных салазок по угловой линейке</p>
	<p>5. Шабрить поверхность 4 поворотных салазок по угловой линейке, проверяя ее параллельность поверхности 3 индикатором. Допускаемая непараллельность 0,02 мм на всей длине</p> <p>6. Шабрить поверхность 5 по плите, проверяя ее параллельность поверхностям 1 и 2 микрометром. Допускаемая непараллельность 0,02 мм на всей длине</p>
	<p>7. Проверить состояние шеек 2 и 3, торца 1 и конусного гнезда 4 шпинделя изделия. Задир и риски на поверхностях шеек 1 и 2 не допускаются. Эллипсность и конусность шеек допускаются в пределах 0,015 мм. Конусное гнездо при проверке по контрольной оправке не должно иметь отклонения более 0,01 мм у торца шпинделя и 0,02 мм на длине 300 мм. При больших отклонениях дефекты устранить шлифованием на станке. Исправление конусного гнезда допустимо производить также ручной доводкой притиром</p> <p>8. Шабрить поверхности 1—3 бабки изделия совместно с крышками по сопряженным поверхностям шеек и торцу шпинделя на краску</p>
	<p>9. Смонтировать шпиндель в подшипниках и отрегулировать его.</p> <p>10. Шабрить поверхности 4—6 бабки изделия по сопрягающимся поверхностям поворотных салазок, одновременно проверяя параллельность оси шпинделя направляющим поворотных салазок с помощью контрольной оправки и индикатора, закрепленного на специальном основании</p> <p>11. Пришабрить клин по месту и отрегулировать перемещение бабки изделия</p>

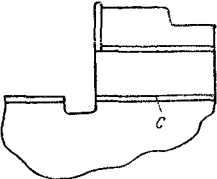
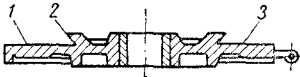
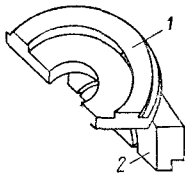
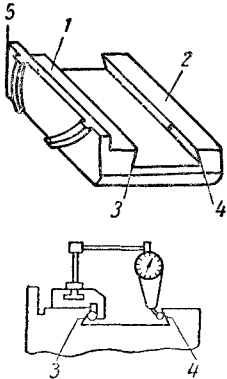
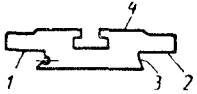
Продолжение табл. 15

Эскизы	Содержание операций
	<p>12. Проверить пересечение вертикальной оси поворота салазок с осью вращения шпинделя бабки изделия с помощью специальных оправок и шупа. Допускаемое отклонение 0,05 мм. При повышенном отклонении соответственно переместить кронштейн К.</p> <p>13. После установки кронштейн закрепить болтами, просверлить и развернуть новые отверстия под контрольные шпильки и зафиксировать его положение контрольными шпильками.</p>
	<p><i>Ремонт шпинделя и корпуса люльки</i></p> <p>1. Проверить микрометром износ шеек 1 и 2 шпинделя люльки и износ отверстий втулок 8 и 9 штихмасиндикатором. Допускается эллипсность и конусность поверхностей 1 и 2 в пределах 0,02 мм. Отверстия 8 и 9 могут иметь отклонения в пределах посадки H_1. При больших отклонениях или наличии задиров на поверхностях 1 и 2 шлифовать их и торец 3, приняв за базу при установке поверхности А и Б. При износе поверхностей отверстий 8 и 9 заменить втулки новыми.</p>
	<p>2. Проверить плоскостность поверхностей 4—7 по линейке и параллельность поверхностей 6 и 7 с помощью индикатора. Непараллельность поверхностей 6 и 7 допускается в пределах 0,02 мм на всей длине. При больших отклонениях произвести исправление этих плоскостей шабрением по линейке.</p> <p>3. Установить корпус люльки на станину, зафиксировать его на контрольных штифтах и закрепить болтами.</p>
	<p>4. Пришпавить поверхности 1—3 корпуса люльки вместе с крышками по сопряженным поверхностям шпинделя.</p> <p>5. Зафиксировать крышки контрольными шпильками и закрепить их болтами так, чтобы шпиндель вращался свободно при зазорах между подшипниками и шейками шпинделя в пределах 0,02 мм.</p> <p>6. Смонтировать узел бабки изделия на станине.</p>

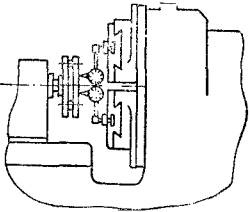
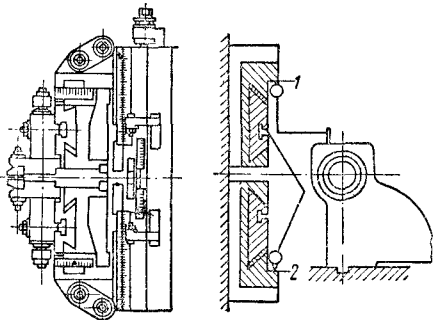
Продолжение табл. 15

Эскизы	Содержание операций
	<p>7. Установить бабку изделия так, чтобы ось шпинделя была перпендикулярна поверхности 3.</p> <p><i>Первый вариант</i></p> <p>Вращением шпинделя с укрепленным на нем индикатором производят проверку по поверхности 3. При этом индикатор должен давать одинаковые показания в точках а и б, а нулевая риска нониуса поворота бабки должна совпасть с нулевой риской шкалы на станине. Если риски не совпадают, то следует произвести корректировку путем смещения кронштейна с нониусом для совмещения нулевых рисок.</p> <p>При установке бабки изделия в указанное положение произвести проверки:</p> <p>а) перпендикулярности вертикальной оси корпуса люльки к шпинделю изделия, для чего в оправку шпинделя изделия укрепляется индикатор, мерительный стержень которого касается торца 3 корпуса люльки; о величине отклонений судят по показаниям индикатора в местах а и б вертикальной оси; допускаемая неперпендикулярность 0,02 мм на диаметре 300 мм;</p> <p>б) совмещения осей шпинделя бабки изделия с осью корпуса люльки; при помощи индикатора, закрепленного в шпинделе изделия; измерительный стержень индикатора должен касаться внутренней поверхности 1 корпуса, сопрягающейся с шейкой шпинделя. Вращая шпиндель, определяют величину несоосности</p>
	<p><i>Второй вариант</i></p> <p>Смонтировать и отрегулировать шпиндель люльки. Установить и вывернуть устанавливаемый диск. Установить бабку изделия так, чтобы ось шпинделя была перпендикулярна контрольной плоскости приспособления в горизонтальной плоскости. Нулевые риски нониуса поворота бабки и шкалы на станине при этом должны совпасть. По установке бабки изделия произвести проверки:</p> <p>а) перпендикулярности вертикальной оси корпуса люльки к оси шпинделя изделия, для чего в оправке, установленной в шпинделе изделия, закрепляется индикатор, мерительный стержень которого касается контрольной плоскости приспособления по вертикальной оси;</p> <p>б) совмещения осей шпинделя бабки изделия с осью корпуса люльки; для выполнения этой проверки в шпинделе люльки закрепляется и выверняется устанавливаемая оправка; индикатор крепится в оправке шпинделя так, чтобы измерительный стержень касался поверхности оправки; вращая шпиндель, определяют величину несоосности</p>

Продолжение табл. 15

Эскизы	Содержание операций
	<p>8. При повышенных отклонениях от параллельности оси корпуса люльки к оси шпинделя изделия дефект устранить шабрением опорной плоскости С корпуса люльки</p> <p>9. При повышенных отклонениях от соосности шпинделя бабки изделия и корпуса люльки удалить контрольные шпильки и сместить на требуемую величину корпус люльки</p>
	<p><i>Ремонт суппортов и нониусных линеек</i></p> <p>1. Пришпавить поверхности 1—3 планшайбы по сопрягающимся поверхностям шпинделя люльки на краску</p> <p>2. Пригнать клин по месту</p>
	<p>3. Проверить поверхности 1 и 2 поворотного корпуса суппорта по поверочной плите и зачистить имеющиеся на них забоины</p>
	<p>4. Шабрить поверхности 1—4 основания суппорта в следующем порядке:</p> <p>а) шабрить поверхности 1 и 2 по плите на краску;</p> <p>б) шабрить поверхность 3 по угловой линейке;</p> <p>в) шабрить поверхность 4 по угловой линейке, проверяя ее параллельность поверхности 3 индикатором; допускаемая непараллельность 0,02 мм на всю длину</p> <p>5. Проверить поверхность 5 основания суппорта и зачистить забоины</p>
	<p>6. Шабрить поверхности 1—3 ползуна по сопрягающимся поверхностям основания суппорта</p> <p>7. Шабрить при необходимости поверхность ползуна 4 по плите на краску</p> <p>8. Пригнать клин по месту</p>

Продолжение табл. 15

Эскизы	Содержание операций
	<p>9. Собрать узел шпинделя люльки вместе с суппортами и проверить перпендикулярность перемещения суппортов к оси шпинделя изделия при помощи устанавливаемого диска, закрепленного на шпинделе изделия и индикатора, смонтированного на суппорте. Бабка изделия и суппорта устанавливается на нулевое деление. Поочередно перемещая ползуны, замечают отклонения индикатора. При отклонении выше 0,015 мм переустанавливают нониусную линейку суппорта</p>
	<p>10. Проверить правильность нулевых рисок на шкалах и нониусах для установки суппортов на угол зуба. При выполнении этой операции люлька устанавливается в положение, при котором суппорты расположены горизонтально. Шкалы на верхнем суппорте и нониусе на основании суппорта должны быть установлены на нулевое деление. Бабка изделия устанавливается в положение, при котором ось шпинделя изделия параллельна плоскости качания люльки. Индикатор закрепляется так, чтобы его измерительный стержень касался опорной поверхности 1 суппорта. Бабке изделия сообщается перемещение в направлении, параллельном плоскости качания люльки.</p> <p>После проверки верхнего суппорта нижний суппорт устанавливается параллельно ему. Правильность этой установки выверяется индикатором, закрепленным на верхнем суппорте. Измерительный стержень индикатора касается опорной поверхности 2 нижнего суппорта; нулевые риски шкалы на нижнем суппорте и нониусе на основании суппорта после этой выверки должны точно совпадать. Допускаемое отклонение 0,02 мм на длине 100 мм. При наличии повышенных отклонений переустановить нониусную линейку на поворотном корпусе суппорта</p>

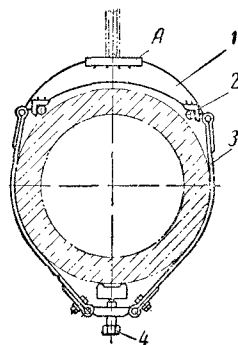
Радиально-сверлильные станки

На поверхности колонны вследствие несвоевременной смазки или попадания абразивной пыли нередко образуются задиры. Отдельные глубокие задиры заглаживаются баббитом. При наличии сплошных задиров или износа поверхности колонны последняя протачивается или шлифуется, а в траверсу ставится втулка.

Для установки колонны по уровню применяют приспособление (фиг. 82), состоящее из корпуса 1 с двумя привинченными роликами 2.

Приспособление крепится в колонне поясом 3 и натяжным винтом 4. К площадке А, параллельной оси роликов, прикладывают рамный уровень. Без указанного приспособления уровень плохо центрируется на образующей цилиндра колонны.

Устранение недопустимого зазора между отверстием шпиндельной бабки и

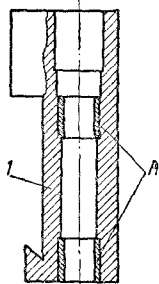


Фиг. 82. Приспособление для установки колонны по уровню.

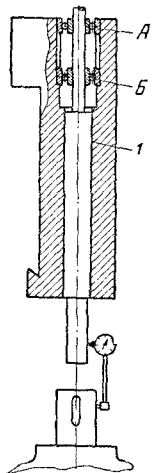
гильзой шпинделя производят развертыванием отверстия (фиг. 83) с последующим

наращиванием поверхности гильзы хромированием или растачиванием отверстия *1* с постановкой компенсаторных втулок *А*.

При применении первого способа работу ведут таким образом. Настраивают раздвижную развертку на требуемый размер с учетом величины износа отверстия и насаживают развертку на специальную оправку, которая получает направление в



Фиг. 83. Установка компенсаторных втулок в шпиндельной бабке.



Фиг. 84. Растачивание отверстия шпиндельной бабки под компенсаторные втулки.

двух подшипниках качения *А* и *Б*. Развертывание производят на радиально-сверлильном или расточном станке с применением шарнирного привода. При этом способе гильза наращивается хромированием с последующим шлифованием.

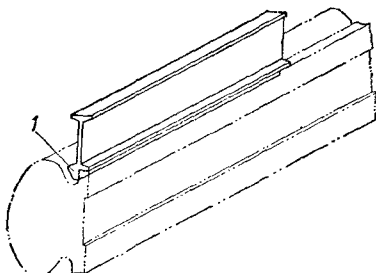
При втором способе вытачивают оправку по отверстию *1* (фиг. 84) с направлением в подшипниках качения *А* и *Б*. Установ-

ку оправку и производят растачивание отверстия *1* под компенсаторные втулки.

Применение второго способа более целесообразно, так как при последующих ремонтах люфт гильзы может устраняться заменой компенсаторных втулок.

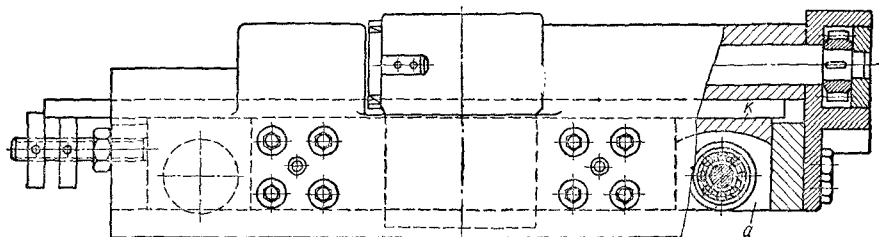
Конфигурация траверсы радиально-сверлильного станка модели 2А56 не позволяет вести шабрение поверхности *1* (фиг. 85) с помощью нормальной линейки. Поэтому применяют специальную линейку, у которой рабочая плоскость находится под прямым углом.

Для правильной установки шпиндельной бабки сначала определяют размеры



Фиг. 85. Применение специальной поверочной линейки при шабрении направляющих поверхностей траверсы.

и фиксируют величину отклонения от перпендикулярности направления перемещения гильзы по отношению фундаментной плиты. Для этого под один из роликов подкладывают щуп такой толщины, чтобы индикатор при перемещении по угольнику показывал разницу в измерениях в допускаемых пределах. Затем вынимают роликовую обойму *а* (фиг. 86) и снимают с поверхности *К* шабрением или шлифо-



Фиг. 86. Узел роликовой опоры шпиндельной бабки.

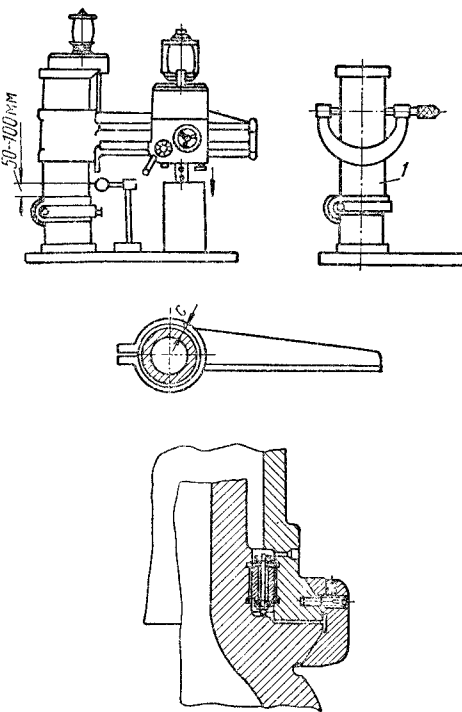
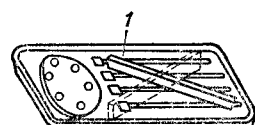
ливают шпиндельную головку на расточном станке с помощью индикатора так, чтобы ось оправки совместилась с осью шпинделя и была параллельна направляющим расточного станка. Затем вынимают

ванием слой металла, равный толщине щупа, подложенного под ролик. Аналогичным образом поступают при установке шпиндельной бабки в поперечном направлении.

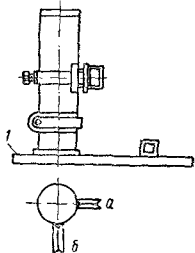
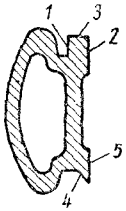
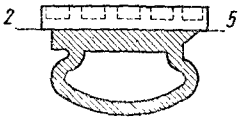
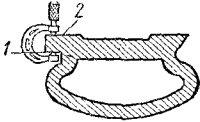
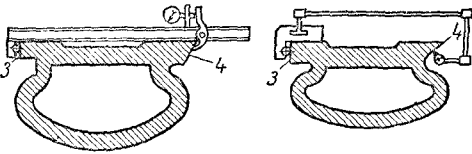
При испытании станка на точность после ремонта весьма часто конусное гнездо шпинделя имеет радиальное биение выше допускаемого, несмотря на то, что шпиндель был изготовлен в пределах допусков. Причиной этого могут являться дефекты

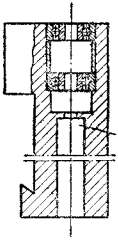
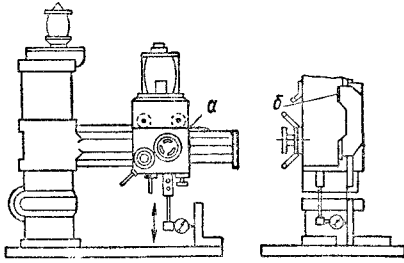
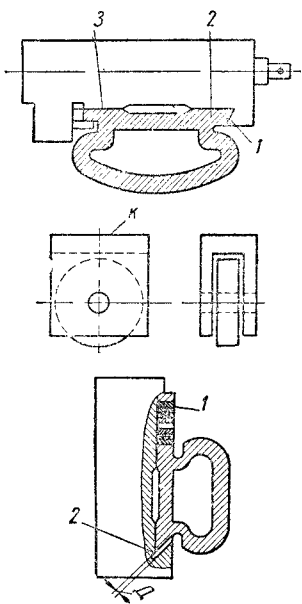
монтажа. Для того чтобы устранить биение шпинделя, следует конусное гнездо шпинделя шлифовать на месте с помощью специального шлифовального прибора, который устанавливается на плите станка.

16. Типовой технологический процесс слесарных работ по ремонту основных узлов радиально-сверильных станков

Эскизы	Содержание операций
	<p><i>Ремонт колонны и фундаментной плиты</i></p> <p>1. Перед разборкой станка проверить наличие износа в опоре поворота колонны, износ поверхности колонны, величину зазора между колонной и сопрягающейся с ней поверхностью шпинделя и состояние поверхности колонны. Для определения наличия износа в опоре поворота колонны на фундаментную плиту устанавливается стойка с индикатором, мерительный стержень которого упирают в нижний конец колонны, после чего производят нажим шпинделем в стол и определяют наибольшее отклонение индикатора. При измерении колонна должна быть в свободном состоянии, а шпиндельная головка и траверса зажаты. Люфт в опоре ролик-подшпинника допускается в пределах 0,1 мм.</p> <p>Износ поверхности 1 колонны определяется микрометром по всей длине ее рабочей части. Эллипсность и конусность могут быть допущены в пределах до 0,15 мм. Величина зазора С между поверхностью 1 колонны и сопрягающейся поверхностью траверсы определяется при помощи шупа. Если зазор С находится в пределах посадки A_3, исправления поверхностей колонны и траверсы можно не производить. На поверхности колонны могут быть допущены отдельные мелкие задиры глубиной не более 0,3 мм.</p> <p>2. В случае обнаружения люфта в опоре колонны больше допускаемой величины произвести разборку узлов станка и снять колонну для осмотра подшипников качения и при необходимости для их восстановления или замены новыми.</p> <p>3. Если поверхность колонны имеет недопустимый износ или зазор с больше допускаемого, колонна протачивается или шлифуется, а в траверсу устанавливается компенсирующая втулка.</p>
	<p>4. Проверить рабочую поверхность 1 фундаментной плиты поворочной линейкой в различных направлениях, а также горизонтальность поверхности 1 уровнем. Допускается:</p> <ul style="list-style-type: none"> а) неплоскостность плиты 0,06 мм на 1000 мм; б) лысины (местные углубления) площадью не более 60 см² каждая; суммарная площадь лысин не должна превышать 15% общей площади плиты; в) негоризонтальность плиты может быть допущена до 0,1 мм на 1000 мм; при наличии износа или вогнутости поверхности 1 до 0,1 мм на 1000 мм произвести

Продолжение табл. 15

Эскизы	Содержание операций
	<p>грубое (обдирочное) шабрение; если износ превышает 0,1 мм на 1000 мм, плиту следует снять с фундамента и произвести чистовое строгание поверхности 1 без последующего шабрения</p> <p>5. Если поверхность 1 плиты имеет отклонение от горизонтальности выше указанного, плиту выровнять клиньями и подлить цементным раствором</p>
	<p>6. Установить колонну и проверить положение ее оси по отношению к фундаментной плите с помощью приспособления и рамного уровня. Допускаемая кеперпендикулярность колонны:</p> <p>а) в продольном направлении 0,2 мм на 1000 мм (отклонение колонны допускается только к плите);</p> <p>б) в поперечном направлении 0,1 мм на 1000 мм (наклон колонны только к плите в сторону шпинделя); если обнаружены повышенные отклонения, дефект устранить шабрением опорной поверхности 1 колонны</p>
	<p><i>Ремонт траверсы</i></p> <p>1. Проверить поверхность 3 по поверочной линейке и при наличии износа шабрит</p>
	<p>2. Шабрить поверхность 2 и 5 одновременно по плите и шабровочной линейке</p>
	<p>3. Шабрить поверхность 1 по специальной шабровочной линейке, проверяя ее параллельность поверхности 2 с помощью микрометра. Допускаемая непараллельность 0,02 мм на всей длине</p>
	<p>4. Шабрить поверхность 4 по линейке, проверяя ее параллельность поверхности 3 при помощи приспособления или индикатора на специальном основании</p>

Эскизы	Содержание операций
	<p><i>Ремонт шпиндельной бабки</i></p> <p>1. Проверить величину износа отверстия 1. Износ отверстия 1 допускается в пределах A_3. При наличии повышенного отклонения дефект устранить растачиванием отверстия 1 на расточном станке с установкой компенсаторных втулок или развертыванием его на радиально-сверлильном или расточном станке</p> <p>2. Собрать узел шпинделя и отрегулировать его</p> <p>3. Собрать траверсу, шпиндельную бабку и механизмы зажима</p>
	<p>4. Проверить перпендикулярность перемещения гильзы по отношению к плоскости фундаментной плиты в двух направлениях. Неперпендикулярность продольной плоскости допускается $0,1 \text{ мм}$ на длине 300 мм (нижний конец гильзы может отклоняться только в сторону колонны). В поперечной плоскости допускается отклонение $0,05 \text{ мм}$ на длине 300 мм. Определить толщину прокладок a и b, при которых ось шпинделя станет перпендикулярно плоскости фундаментной плиты</p>
	<p>5. Если отклонения оси шпинделя выше допустимых, снять шпиндельную бабку и провести следующие операции:</p> <p>а) шабрить поверхности 2 и 3 по сопрягающимся поверхностям траверсы, учитывая при этом размер толщины подкладки b или величину зафиксированного отклонения оси шпинделя;</p> <p>б) шабрить одну из обойм по поверхности k на толщину подкладки a или с учетом величины полученного отклонения оси шпинделя; эта операция производится в свободном состоянии шпиндельной бабки с оставлением гарантийного зазора D не менее $0,5 \text{ мм}$</p> <p>6. Поднять шпиндельную бабку клином 1 до касания плоскости 2 к сопрягающейся плоскости траверсы. При этом, если обнаружится зазор между указанными плоскостями, шабрить поверхность 2 шпиндельной бабки до прилегания по всей поверхности к сопряженной плоскости траверсы</p> <p>7. Произвести полную сборку станка и проверить радиальное биение оси конического отверстия шпинделя по контрольной оправке. Допускаемое отклонение $0,02 \text{ мм}$ у конца шпинделя и $0,03 \text{ мм}$ на расстоянии 300 мм от конца шпинделя. Если отклонения выше указанных, произвести шлифование конусного гнезда шпинделя на месте с помощью специального шлифовального приспособления</p>

Горизонтально-протяжные станки типа 7540

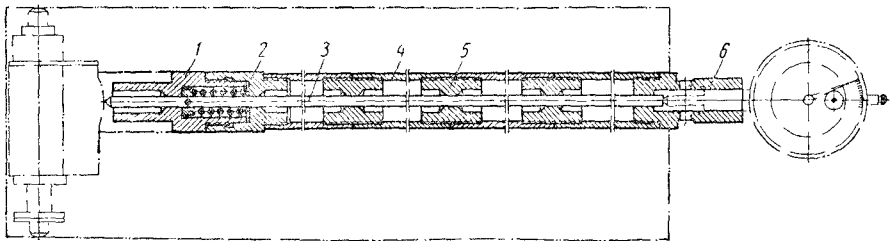
Наибольшему износу у горизонтально-протяжных станков подвергаются опорная поверхность планшайбы, направляющие и узел ползушки. При длительной эксплуатации у протяжных станков с гидравлическим приводом изнашиваются также основные детали гидравлической системы — цилиндры, поршни, штоки и поршневые кольца.

всех соединительных муфт. Стержень 3 изготовляется из калиброванной инструментальной стали. Удлинитель дает возможность измерять отверстия цилиндров длиной до 2,5 м.

Для расточки отверстия цилиндра применяется специальная борштанга.

Борштанга (фиг. 88) состоит из оправки 2, соединенной с трубами 1 и 4.

В паз оправки 2 вставляется плавающий пластинчатый резец. Для направления борштанги в оправке 2 профрезерованы



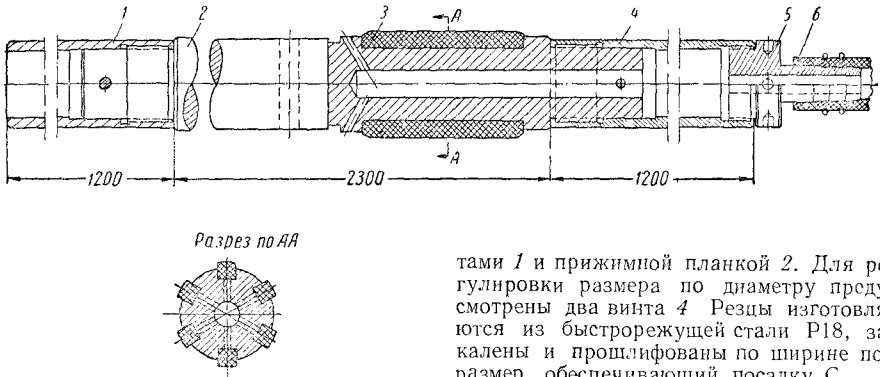
Фиг. 87. Приспособление для проверки износа цилиндра протяжного станка.

Для определения величины износа поверхности отверстия цилиндра применяется специальный удлинитель, который соединяется с головкой штихмас-индикатора и индикатором. Удлинитель (фиг. 87) состоит из четырех труб 4 диаметром 22 мм, соединенных между собой тремя муфтами 5.

шесть пазов, в которые вставлены планки из текстолита или лигнофоля.

Штуцер 5 и рукав 6 служат для подводки охлаждающей жидкости.

Плавающий пластинчатый раздвижной резец (фиг. 89) состоит из двух половин 3 и 5, соединенных между собой двумя вин-

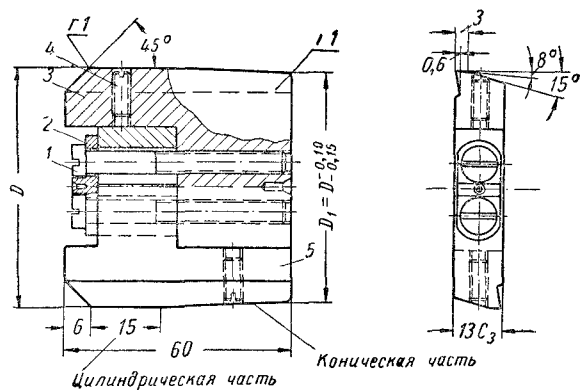


Фиг. 88. Борштанга для расточки цилиндра протяжного станка.

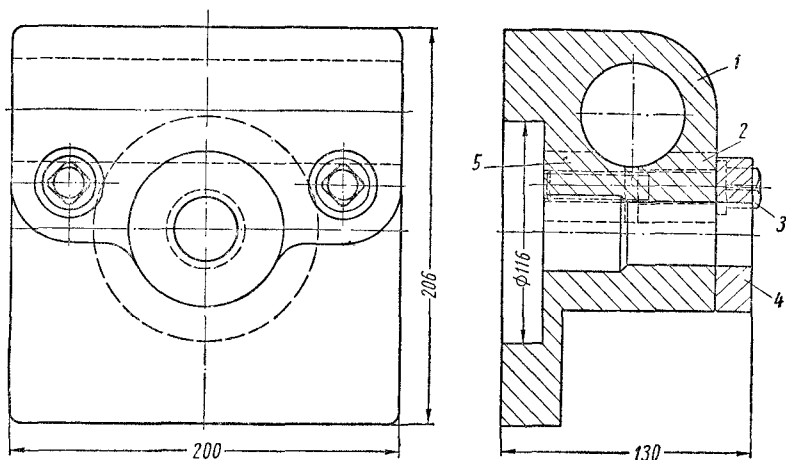
В конец трубы ввернута муфта 6, имеющая отверстие для крепления ножки индикатора. В другой конец собранной системы труб вставлена муфта 2, соединенная с муфтой 1. Сквозь все муфты проходит стержень 3, центрирующийся в отверстиях

тами 1 и прижимной планкой 2. Для регулировки размера по диаметру предусмотрены два винта 4. Резцы изготавливаются из быстрорежущей стали Р18, закалены и шлифованы по ширине под размер, обеспечивающий посадку С₃.

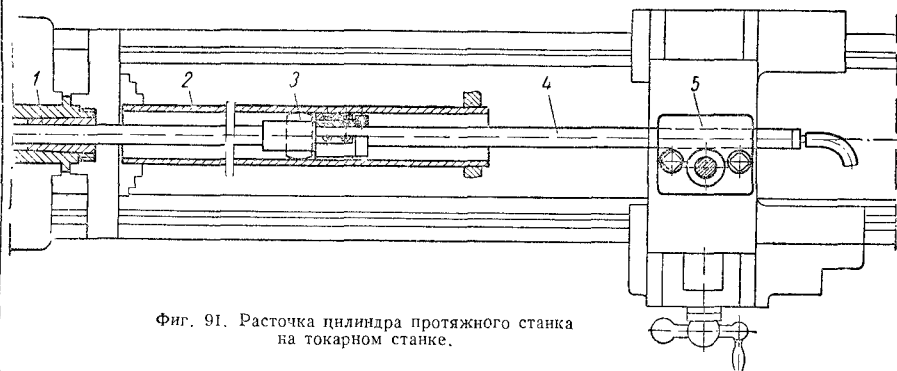
Держатель борштанги 1 (фиг. 90) устанавливается вместо резцедержателя на суппорте станка. Крепление борштанги осуществляется двумя парами сухарей 2 и 5 и двумя винтами 3. Для получения соосности отверстия А держателя и шпинделя станка последний растачивается на месте оправкой с резцом, вставленным в отверстие шпинделя станка.



Фиг. 89. Плавающий пластинчатый регулируемый резец для расточки цилиндра протяжного станка.



Фиг. 90. Держатель для борштанги.



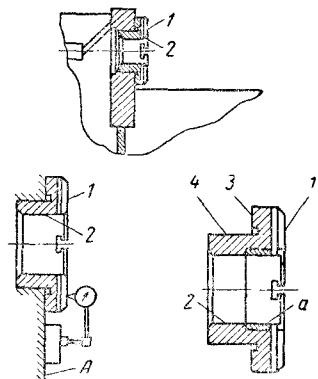
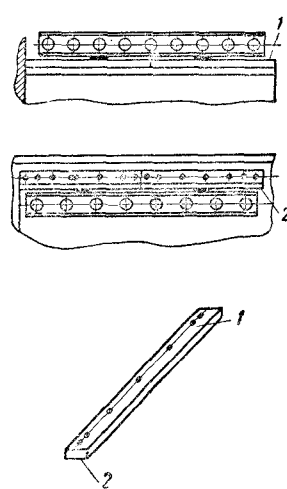
Фиг. 91. Расточка цилиндра протяжного станка на токарном станке.

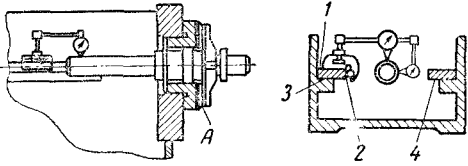
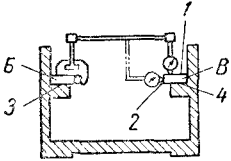
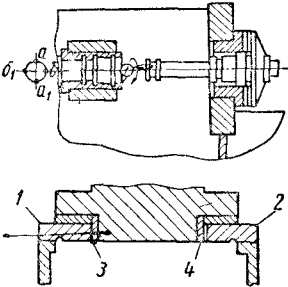
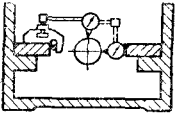
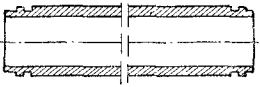
Работа по исправлению отверстия цилиндра ведется следующим образом. Цилиндр 2 (фиг. 91) укрепляется в патроне и люнете и выверяется по индикатору.

Сначала производится расточка отверстия резцом на глубину 150—200 мм, затем в цилиндр пропускают борштангу 4, которая центрируется в шпинделе втул-

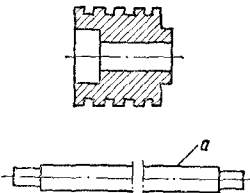
кой 1 и в держателе 5. Пластиначатый резец 3 настраивают на требуемый размер и закладывают в направляющий паз борштанги. После первого прохода резцом производят замер отверстия штихмас-индикатором и при необходимости настраивают пластиначатый резец на увеличенный размер, после чего производят второй проход.

17. Типовой технологический процесс слесарных работ по ремонту основных узлов горизонтально-протяжных станков

Эскизы	Содержание операций
	<p><i>Ремонт станины, направляющих планок и ползунки</i></p> <p>1. Проверить:</p> <ol style="list-style-type: none"> плоскостность опорной поверхности 1 планшайбы (допускается только выгнутость 0,02 мм на всю длину); состояние отверстия 2 (допускаемое отклонение должно быть в пределах посадки С₈). <p>При наличии отклонения от плоскостности поверхности 1 до 0,1 мм шабрить опорную плоскость планшайбы по плите, проверяя ее параллельность плоскости А станины индикатором. При износе поверхности 1 более 1,0 мм планшайбу снять и передать для проточки и расточки отверстия 2 под переходную втулку а на токарном станке. За базу при установке планшайбы на токарном станке принимаются поверхности 3 и 4.</p>
	<p>2. Проверить прямолинейность поверхностей 1 и 2 обеих направляющих планок станины с помощью линейки, двух мерных плиток и щупа. Допускаемое отклонение 0,04 мм на 1000 мм.</p> <p>При наличии износа вышне допускаемого снять направляющие планки и шлифовать поверхности 1 и 2. Шлифование одноименных плоскостей планок производить с одной установки. Допускается непрямолинейность после шлифования 0,02 мм на всю длину. Разность по толщине планок допускается в пределах 0,02 мм.</p> <p>3. Установить направляющие планки на свои места и закрепить их болтами.</p>

Эскизы	Содержание операций
	<p>4. Проверить перпендикулярность направляющих 1 и 2 к опорной плоскости планшайбы А с помощью приспособления, установленного в планшайбе, и основания с индикатором. Допускается неперпендикулярность 0,03 мм на 300 мм. Если отклонение в горизонтальной плоскости выше допускаемого, дефект устранить шабрением поверхности 2 по линейке с проверкой приспособлением. Если отклонение в вертикальной плоскости превышает допуск, снять направляющую планку и исправить дефект путем шабрения поверхности 3 станины с одновременной проверкой приспособлением</p>
	<p>5. Проверить параллельность поверхностей 1 и 2 планки В по отношению к планке Б. Допускается непараллельность 0,04 мм для поверхности 1 и 0,02 мм для поверхности 2 на всю проверяемую длину. Если поверхность 1 имеет повышенное отклонение, планку В снять и дефект устранить путем шабрения поверхности 4 станины (при отклонении поверхности 2 выше допускаемого дефект устранить путем шабрения ее по линейке с одновременной проверкой параллельности; при исправлении поверхности 2 направляющая планка В должна быть окончательно закреплена с установкой контрольных шпилек)</p>
	<p>6. Проверить соосность отверстий опорной планшайбы и державки ползуна. Проверку производить с помощью приспособления и индикатора в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Допускаемое отклонение 0,05 мм. При наличии отклонения больше указанного восстановление соосности вести путем установки компенсаторных планок соответствующей толщины с последующим шабрением поверхностей 1—4 ползуна</p>
	<p>7. Проверить параллельность оси штока направляющим станины в вертикальной и горизонтальной плоскостях с помощью индикатора на специальном основании. Допускаемое отклонение 0,05 мм на длине 500 мм. Если отклонение превышает допускаемое, сместить ось рабочего цилиндра в требуемом направлении</p>
	<p><i>Восстановление цилиндров, поршней и штоков гидравлической системы</i></p> <p>1. Проверить величину износа отверстия рабочего и вспомогательного цилиндров с помощью специального штихмас-индикатора. Износ допускается в пределах половины допуска А₄.</p> <p>2. При большом износе отверстие расточить на станке плавающим пластинчатым резцом с последующей доводкой притиром. Отклонение после доводки может быть допущено в пределах допуска А₃.</p>

Продолжение табл. 17

Эскизы	Содержание операций
	<p>3. Проверить износ поршня с помощью микрометра. Отклонения в результате износа допускаются в пределах допусков посадки X_4. При повышенном отклонении заменить поршень новым или восстановить его хромированием.</p> <p>4. Проверить овальность и конусность штока с помощью микрометра. Допускаемое отклонение в результате износа в пределах допусков посадки X_3. При повышенных отклонениях шлифовать поверхность a штока или исправить ее доводкой притиром.</p>

Координатно-расточные станки

Координатно-расточные станки предназначены для сверления и расточки отверстий, требующих высокой точности расстояний между центрами, без разметки и без применения приспособлений для направления инструмента.

Возникающие при работе этих станков неточности являются результатом износа главным образом следующих узлов механизмов и деталей: узла шпинделя, отсчитывающих устройств, направляющих стола, траверсы, каретки, колонн.

Восстановление направляющих поверхностей координатно-расточных станков производится таким же образом, как и у других станков, но требует более тщательной подготовки, а именно:

1) весь комплект плоскостного инструмента, необходимого для ремонта данного станка, должен быть перед началом ремонта тщательно проверен и соответствовать I-му классу точности;

2) контрольные приспособления должны быть перед ремонтом специально проверены со внесением в их аттестаты отклонений, которые должны учитываться при пользовании этими приспособлениями;

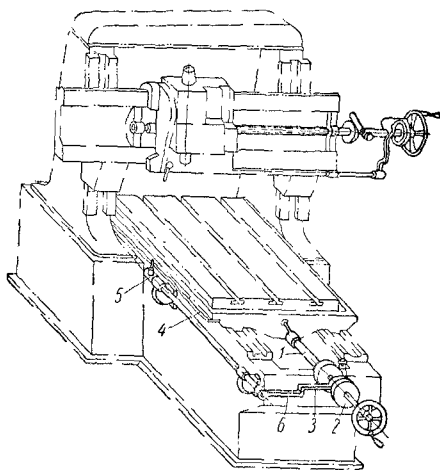
3) шабровочный инструмент должен иметь хорошо заточенное и доведенное лезвие режущей кромки;

4) следует пользоваться лишь прецизионным уровнем с ценой деления не больше $0,03 \text{ мм}$ на 1000 мм .

Поручать ремонт указанных станков можно только высококвалифицированному ремонтному персоналу.

На фиг. 92 показаны отсчитывающие механизмы стола и шпиндельной головки. Отсчитывающий механизм стола состоит

из точного ходового винта 1 , гайки (на фигуре не видна), лимба 2 , жестко насаженного на винт 1 , нониуса 3 , коррекционной линейки 4 и рычагов 5 и 6 .



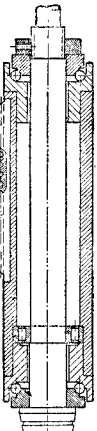
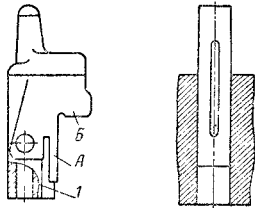
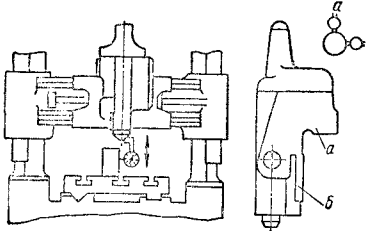
Фиг. 92. Отсчитывающий механизм координатно-расточного станка.

Коррекционное устройство служит для исправления ошибки в шаге измерительного винта.

Рабочая поверхность коррекционной линейки 4 представляет кривую, соответствующую ошибкам в шаге винта 1 .

Из деталей отсчитывающего механизма наибольшему износу подвергаются винт 1 и гайка. Если в результате проверки перед ремонтом обнаружено, что ошибки в шаге винта превышают $0,03 \text{ мм}$ на длине 300 мм , винт следует передать

18. Технологический процесс слесарных работ по ремонту шпиндельной бабки координатно-расточных станков

Эскизы	Содержание операций
	<p>1. Не разбирая шпинделя, промыть подшипники, отрегулировать их и проверить:</p> <p>а) осевое и торцовое биение шпинделя; допустимое отклонение 0,005 мм</p> <p>б) совпадение оси конусного гнезда шпинделя с осью вращения шпинделя; допустимое отклонение 0,01 мм на длине 300 мм. При выявлении отклонений выше допустимых узел шпинделя разобрать с целью замены подшипников качения или устранения дефектов в остальных деталях</p>
	<p>2. Проверить штихмас-индикатором отверстие под гильзу 1 в корпусе шпиндельной головки. Допустимое отклонение (эллипсность и конусность) 0,006 мм. При наличии отклонения до 0,02 мм отверстие исправить доводкой. При наличии эллипсности или конусности выше 0,02 мм следует:</p> <p>а) расточить или расшлифовать отверстие 1: за базу при установке принимаются плоскости А и В; допустимые эллипсность и конусность отверстия после обработки 0,015 мм;</p> <p>б) произвести доводку отверстия 1; допустимые отклонения исправленного отверстия 0,005 мм</p> <p>3. Произвести измерение наружного диаметра гильзы шпинделя. Эллипсность и конусность допускаются в пределах 0,006 мм. Зазор между отверстием в корпусе шпиндельной головки и наружным диаметром гильзы не более половины допуска $\frac{A_1}{C_1}$.</p> <p>При больших отклонениях следует нарастить поверхность 1, шлифовать и довести притиром, обеспечив зазор между уже восстановленным отверстием корпуса и шпинделем в пределах указанного допуска</p>
	<p>4. Собрать узел шпинделя с корпусом и установить шпиндельную головку на место. Проверить перпендикулярность оси шпинделя к поверхности стола с помощью индикатора и контрольного цилиндра. Допустимое отклонение 0,005 мм на длине 300 мм в продольной и поперечной оси стола</p> <p>При наличии отклонения больше допустимого в направлении продольной оси стола дефект устранить путем поворота шпиндельной головки в требуемом направлении. При увеличенном отклонении в направлении поперечной оси стола дефект устранить путем шабровки привалочных плоскостей а и б. После окончательной проверки положение шпиндельной головки зафиксировать контрольными шпильками</p>

на исправление или заменить его новым 1-го класса точности.

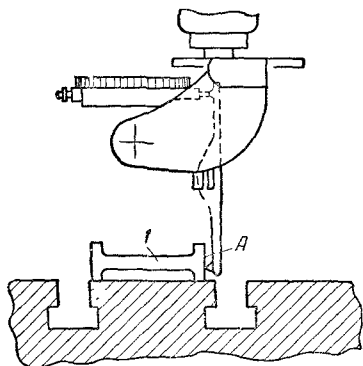
При исправлении коррекционной линейки производят следующие работы:

1) проверить и зафиксировать отклонения точности винта на всей его длине;

2) на основе произведенных замеров построить диаграмму отклонений;

3) на основании диаграммы отклонений дать чертеж на исправление линейки;

4) произвести припиловку профиля линейки по данным чертежа;



Фиг. 93. Установка поверочной линейки.

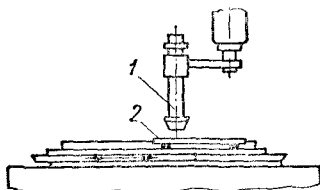
5) установить линейку на место, зафиксировав ее положение контрольными штифтами;

6) произвести повторную проверку точности винта.

Проверку шага винта можно осуществить двумя способами.

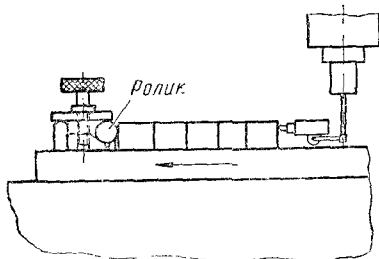
1. Шаг винта проверяется при помощи микроскопа и прецизионной штриховой линейки. Для этого на столе устанавливается поверочная линейка 1 (фиг. 93) и выверяется параллельность плоскости А направляющим стола. Допускаемое отклонение 0,005 мм. Штриховая линейка 2 устанавливается на столе так, чтобы она одной стороной касалась направляющей линейки (фиг. 94). К шпинделю крепится микроскоп 1, с помощью которого наблюдают шкалу линейки. Стол отводят в крайнее положение и совмещают нулевую риску лимба, нониуса и штриховой линейки. При этом отмечают место касания пальца и коррекционной линейки. Затем производят проверку шага винта через каждые 10 или 20 мм и результаты отклонений заносят в таблицу.

Штриховая линейка имеет обычно длину 250—500 мм. Чтобы произвести проверку на всей длине винта, необходимо эталонную линейку несколько раз переустановить, проверяя совпадение нулевой риски штриховой линейки с визирной ниткой микроскопа.



Фиг. 94. Проверка шага винта по штриховой линейке.

2. В шпинделе станка крепится оправка с микронным индикатором или миниметром. На край стола устанавливают упор (фиг. 95), ролик которого представляет собой закаленный доведенный цилиндр правильной геометрической формы. Подводят стол вместе с упором к миниметру и выставляют упор так, чтобы ролик был параллелен направляющим траверсы. При этом миниметр настраивается с натягом 0,1—0,2 мм. Затем выключают коррекционную линейку, а рычаг нониуса закрепляют неподвижно. Ходовым винтом перемещают стол на точный отрезок (например,



Фиг. 95. Проверка точности винта с помощью плоскопараллельных плиток.

равный 20 мм). Между роликом упора и стержнем миниметра помещают плоскопараллельную пластинку. Отклонение стрелки от нулевого положения есть ошибка в шаге на данном отрезке винта. Указанным способом производят замеры по всей длине винта через каждые 20 мм, а показания имеющихся отклонений заносят в таблицу.

Для уменьшения влияния температурных изменений и достижений постоянства

На фиг. 96 приведен чертеж коррекционной линейки, построенный на основании данных, приведенных в табл. 19.

Линейка изготавливается из листовой стали марки Ст. 3. Ширина заготовки берется на 15—20 мм больше предусмотренного чертежом размера. Заготовку предварительно выравнивают, припиливают по поверочной линейке торец, размечают профиль линейки с припуском по контуру 1,5—2 мм, сверлят отверстия диаметром 3—4 мм по контуру линейки, после чего производят обрубку.

После обрубki и грубой опиловки контура линейка обычно деформируется. Поэтому линейку подвергают правке, выравниванию торца припиловкой по поверочной линейке и повторной окончательной разметке по контуру.

Окончательная пригонка контура ведется припиливанием весьма осторожно, с тем чтобы линейка не деформировалась.

Переходы от одного участка к другому делаются плавными. Полностью изготовленную линейку устанавливают на станок и производят повторную проверку винта с участием коррекционной линейки изложенным выше методом. Обнаруженные при повторной проверке отклонения винта устраняют путем припиловки линейки в соответствии с выявленными отклонениями.

Ремонт отсчитывающего механизма шпиндельной головки аналогичен приведенному процессу ремонта отсчитывающего механизма стола.

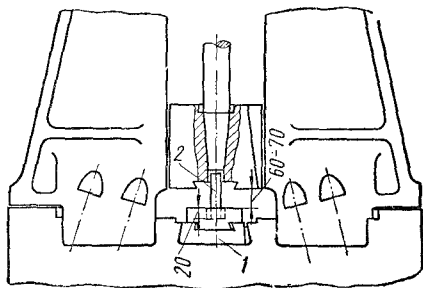
РЕМОНТ КУЗНЕЧНО-ПРЕССОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Штамповочные молоты

Разборка молота для капитального и среднего ремонта начинается с выбивки штока из бабы. Для этой цели в штамподержатель вместо штампа устанавливают боек 1 (фиг. 97) с центральным отверстием. В это отверстие или в отверстие в бабе вставляют и расклинивают стержень 2. Длина стержня выбирается таким образом, чтобы между нижней плоскостью бабы и бойком при посадке штока на стержень был зазор в пределах 60—70 мм. Затем, перекрыв несколько пар (воздух), производят сначала слабые, а затем при необходимости более сильные удары до выбивки штока. Нельзя допускать, чтобы шток выскочил с большой

силой вверх, так как при этом может быть повреждено предохранительное устройство.

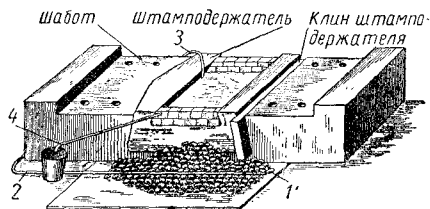
Если шток не удастся выбить, его разрезают огневой резкой у бабы, снимают верхнюю крышку цилиндра и вынимают отрезанную часть штока с поршнем. Остаток штока в бабе удаляют под молотом или гидравлическим прессом. Если таким образом удалить остаток штока



Фиг. 97. Удаление штока из бабы.

не удастся, его высверливают на расточном или радиально-сверлильном станке.

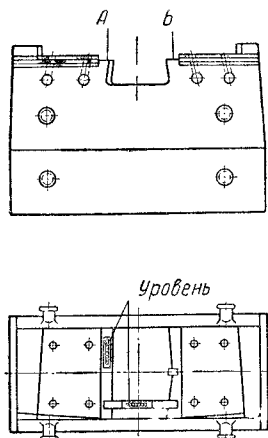
Клин подштамповой подушки (соублока) выбивают обычно «соколом» — штангой, подвешенной на крюке мостового крана. Если клин от ударов «сокола» не подается, шабот подогревают древесным углем и одновременно охлаждают водой штамподержатель (фиг. 98). Когда это не помогает, клин разрезают автогеном.



Фиг. 98. Подогревание шабота для удаления штамподержателя: 1 — древесный уголь; 2 — труба с отверстиями от воздушной магистрали; 3 — подводящая водяная труба; 4 — отводящая труба.

При разборке молота проверяется уровень положения шабота. Для этого уровень устанавливается на базовые плоскости А и Б (фиг. 99), практически не изнашивающиеся при эксплуатации молота (перед про-

веркой эти поверхности зачищаются от забоин). Если проверка показывает, что отклонения шабота от горизонтального положения не превышают в продольном направлении 3 мм на 1000 мм и в поперечном направлении 4 мм на 1000 мм, ремонт молота производят без подъема шабота.



Фиг. 99. Проверка положения шабота.

При больших отклонениях шабот поднимают для осмотра и ремонта подушки и фундамента (о ремонте подшаботных подушек и фундамента молотов см. в гл. VII стр. 1039 и 1053).

При отсутствии кранов необходимой грузоподъемности подъем шабота производится такелажным способом паровозными домкратами.

На фиг. 100, а показан демонтаж при помощи четырех паровозных домкратов составного шабота. Каждая пара домкратов соединяется траверсой. По мере подъема под шабот укладывают ряды шпал (фиг. 100, б).

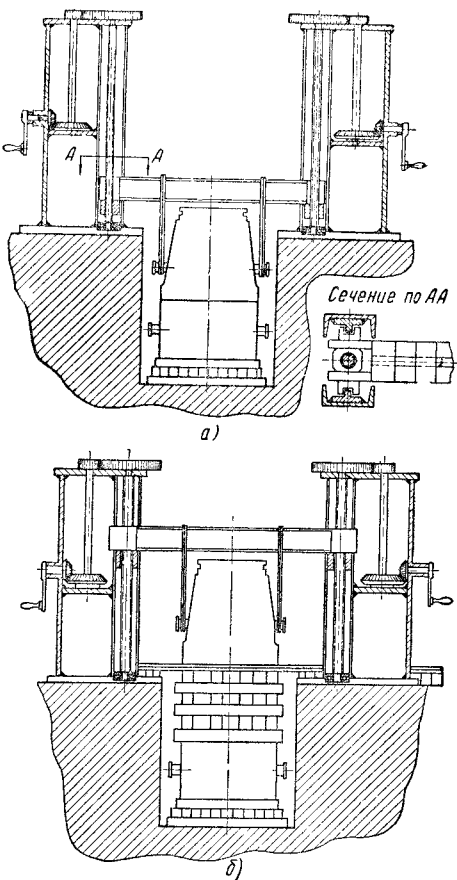
На верхний, последний ряд шпал кладут и закрепляют костылями несколько рядов рельсов. После этого поднимаемую часть шабота опускают на рельсы и сдвигают по ним на катках в сторону.

Исправление шабота обработкой изношенных плоскостей на станках в большинстве случаев ввиду его большого веса не представляется возможным. Поэтому исправление изношенных рабочих плоскостей шабота производят обычно на месте его установки при помощи переносных строгальных и фрезерных станков или при отсутствии таковых ручной обработкой.

На фиг. 101 показан переносной станок для строжки плоскостей шабота. Помимо рабочего движения ползун 1 вместе с кареткой 2 перемещается вдоль станины 3, установленной параллельно шаботу.

При обработке вручную применяются пневматические шлифовальные машины.

Для предварительной обработки плоскостей под стойки могут применяться маят-

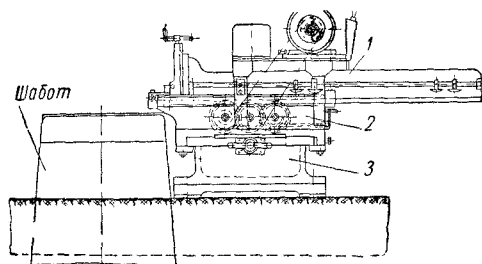


Фиг. 100. Подъем шабота с помощью паровозных домкратов.

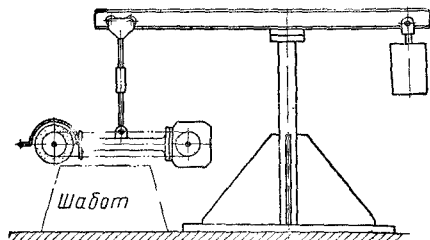
никовые шлифовальные машины с абразивным кругом диаметром 250—300 мм, подвешенные на поворотном приспособлении (фиг. 102).

Величины уклона плоскостей 1 и 5 (фиг. 103) под продольные и поперечные клинья могут проверяться следующим

образом. На плоскость 4 укладывается бортовой угольник таким образом, чтобы его борт касался плоскости 3. Чертежной иглой проводят линию АВ, затем с помо-

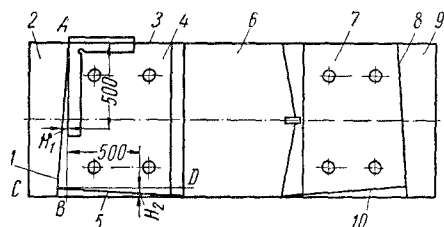


Фиг. 101. Исправление шабота механической обработкой на месте при помощи переносного поперечно-строгального станка.



Фиг. 102. Поворотное приспособление с подвижной шлифовальной машиной, применяющееся для исправления шабота на месте.

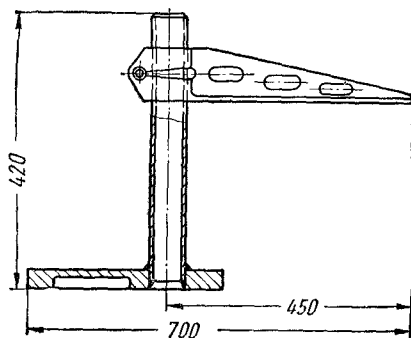
щью угольника проводят линию CD перпендикулярно линии АВ. Затем металлической линейкой на расстоянии 500 мм



Фиг. 103. Определение величины уклона опорных плоскостей шабота под клинья.

измеряют величину катетов H_1 и H_2 . Уклон плоскости 1 определяется отношением $\frac{H_1}{500}$, а уклон плоскости 5 — отношением $\frac{H_2}{500}$. Таким же образом могут определяться величины уклона плоскостей 8 и 10.

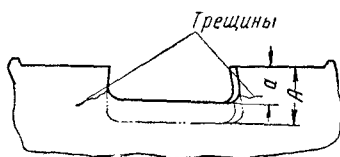
Параллельность плоскостей 2 и 9 по отношению к плоскостям 4 и 7 удобно проверять с помощью приспособления, показанного на фиг. 104.



Фиг. 104. Приспособление для проверки параллельности плоскостей шабота.

Опорные плоскости 4 и 7 (фиг. 103) под стойки и плоскость 6 под штамподержатель изнашиваются неравномерно. На поверхности этих плоскостей часто образуются выбоины глубиной до 5 мм.

Чтобы избежать необходимости снимать при ремонте большой слой металла, восстановление указанных плоскостей обычно



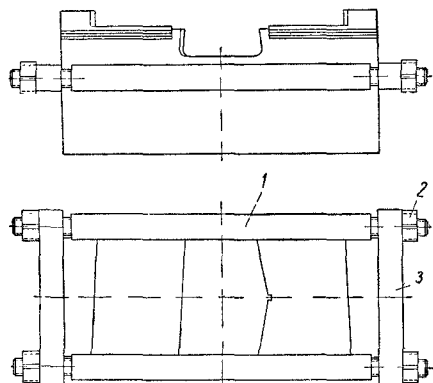
Фиг. 105. Схема исправления гнезда под штамподержатель.

производится электронаплавкой с последующей механической или ручной обработкой.

В гнезде шабота под штамподержателем нередко образуются трещины.

При появлении трещин, указанных на фиг. 105, а также трещин, направленных вниз, но имеющих небольшую глубину, дефект устраняют путем углубления гнезда шабота на величину A — а с соответствующим увеличением высоты штамподержателя.

Если трещина распространяется вниз на значительную глубину, ремонт производят стягиванием шабота (фиг. 106).



Фиг. 106. Исправление гнезда под штамподержатель стягиванием хомутом.

Для этого в шаботе автогенной горелкой вырезают неглубокие выемки под стяжные

брусья 1 и на концах при необходимости под поперечины 3 (если боковые поверхности, на которые опираются поперечины 3, имеют уклон или большие неровности).

При стягивании гайки 2 завертывают сначала до отказа без подогрева стяжных брусьев, затем брусья подогреваются, и гайки затягиваются окончательно.

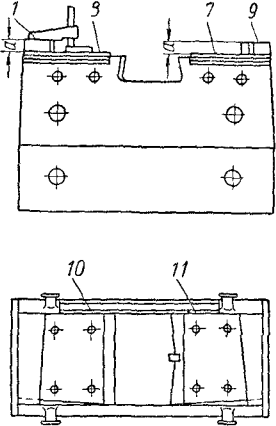
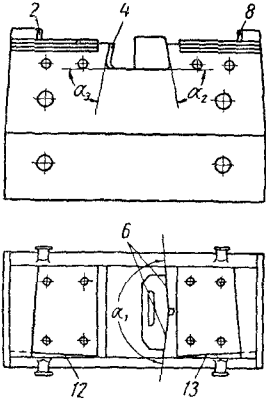
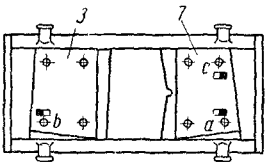
Последовательность выполнения основных операций по исправлению рабочих поверхностей шабота слесарной обработкой приведена в табл. 20. Второй вариант предусматривает наплавку при ремонте всех изнашивающихся рабочих поверхностей шабота с целью предупреждения схода значительных слоев металла в результате ремонтов и износа при интенсивной эксплуатации молота. В этом варианте излагается технология слесарной обработки рабочих поверхностей шабота, принятая на ЧТЗ*.

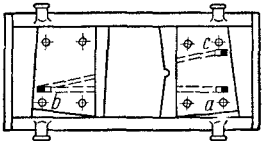
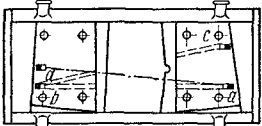
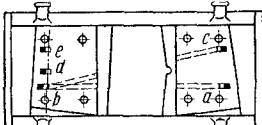
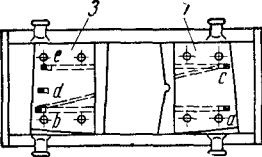
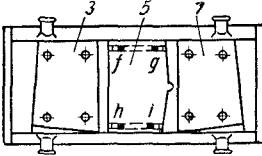
* Второй вариант исправления в табл. 20 составлен по материалам ЧТЗ инж. З. М. Гинзбург.

20. Типовой технологический процесс выполнения основных операций по исправлению рабочих поверхностей шаботов штамповочных молотов слесарной обработкой

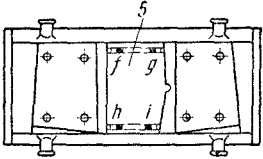
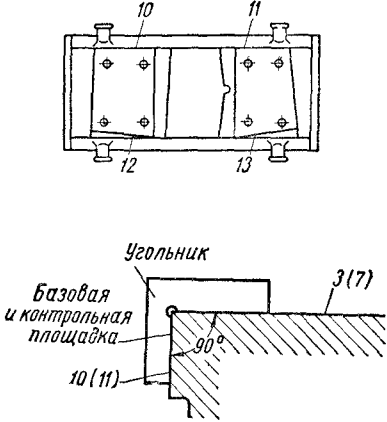
Эскизы	Содержание операций
	<p><i>Первый вариант</i></p> <p>1. Проверить износ плоскостей 3 и 7 с помощью уровня, линейки и шупа. При наличии отклонений выше допусковых произвести выравнивание этих плоскостей. Отдельные углубления более 3 мм заварить электронаплавкой с последующим выравниванием пневматическим зубилом и наждачным кругом. Поверхности 3 и 7 должны лежать в одной плоскости. Допускаемые отклонения от прямолинейности 0,3 мм на 1000 мм, от горизонтальности 1,0 мм на 1000 мм</p>
	<p>2. Выровнять плоскость 5, проверяя прямолинейность поверочной линейкой и плитой, обеспечивая при этом ее параллельность плоскостям 3 и 7. Проверка параллельности производится поверочной линейкой и штихмасом. Допускаемая непрямолинейность 0,3 мм на 1000 мм, непараллельность 0,3 мм на 1000 мм</p>

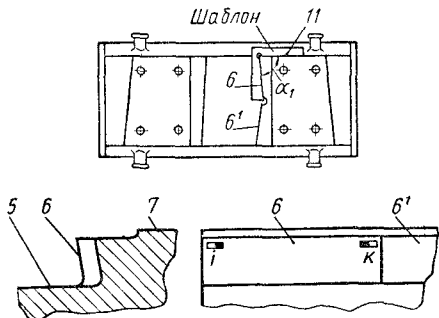
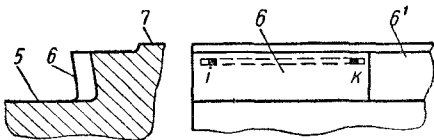
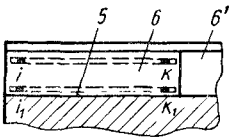
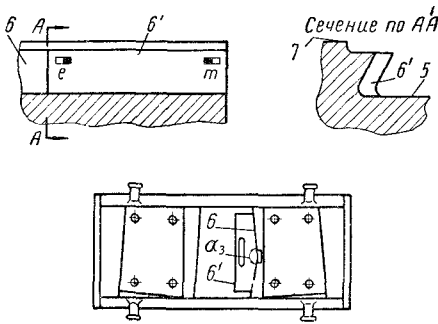
Продолжение табл. 20

Эскизы	Содержание операций
	<p>3. Замерить размер a высоты уступов на шаблоне. Если в результате замера окажется, что зазор между плоскостями 1 и 9 шаблона и сопрягающимися плоскостями левой и правой стоек менее 0,75 мм, необходимо плоскости 1 и 9 понизить до получения требуемого зазора. Параллельность плоскостей 1 и 9 плоскостям 3 и 7 проверить приспособлением, показанным на фиг. 104 (стр. 851). Допускается отклонение параллельности не более 0,4 мм на 1000 мм.</p> <p>4. Проверить по линейке плоскости 10 и 11. При наличии отклонений выше допускаемых выровнять их. Поверхности 10 и 11 должны лежать в одной плоскости. Отклонения допускаются в пределах 0,3 мм на 1000 мм.</p> <p>5. Выровнять по линейке плоскости 2 и 8, выдерживая требуемый их уклон. Выровнять по линейке плоскости 6, при этом выдерживать углы α_1 и α_2 по шаблонам. Выровнять по линейке плоскость 4, выдержав угол α_3 по шаблону. Зачистить абразивным кругом все закругления по соответствующим шаблонам.</p>
	<p>6. Выровнять плоскости 12 и 13 по линейке, выдержав при этом уклон этих плоскостей по чертежу. Допускаемая непрямолинейность 0,3 мм на 1000 мм.</p>
 <p>□ — Базовые площадки ■ — Контрольные площадки</p>	<p><i>Второй вариант</i></p> <p>1. Отыскать на плоскостях 3 и 7 шаблона несработанные площадки a, b и c размером около 1 см², которые могут быть приняты за базовые. Зачистить их и пометить керном. Рядом с подготовленными таким образом базовыми площадками выпилить на 2 мм ниже их контрольные площадки.</p>

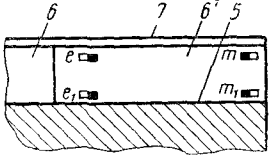
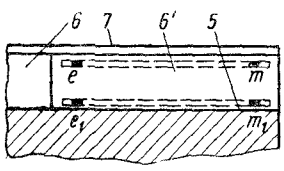
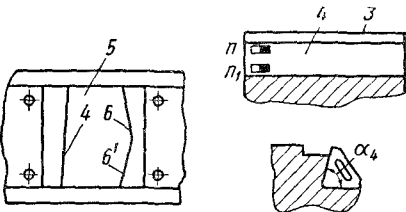
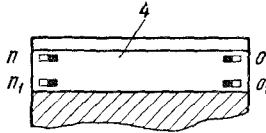
Эскизы	Содержание операций
	<p>2. Устанавливая последовательно линейку на базовые площадки $a-b$ и $b-c$, шлифовать шлифовальной машиной выступы, препятствующие прилеганию линейки к базовым площадкам. Наплавить места, где между линейкой и плоскостями имеются зазоры более 0,1 мм, подготовив таким образом базовые полосы $a-b$ и $b-c$ шириной около 10 мм</p> <p>3. Шлифовать подготовленные базовые полосы $a-b$ и $b-c$ до совмещения их поверхности с плоскостью, проходящей через базовые площадки a, b и c, предварительно электрической шлифовальной машинкой и окончательно пневматической шлифовальной машинкой, проверяя линейкой на краску. Прошлифованные базовые полосы пометить керном</p>
	<p>4. По базовой площадке a и базовой полосе $b-c$ при помощи линейки-щупа наплавкой и шлифованием подготовить базовую площадку d</p>
	<p>5. По базовым площадкам b и d таким же образом подготовить базовую площадку e</p>
	<p>6. Аналогично указанному в операциях 2 и 3 подготовить и прошлифовать базовую полосу $e-c$ до совмещения ее с плоскостью e, в которой лежат базовые площадки a, b, c, d и e</p> <p>7. Перемещая установленную на базовые полосы $a-b$ и $e-c$ линейку, шлифовать электрической шлифовальной машинкой все выступы на плоскостях 3 и 7, препятствующие прилеганию линейки к базовым полосам. Места, где между линейкой и плоскостями 3 и 7 имеются зазоры более 0,5 мм, наплавить</p> <p>8. Шлифовать предварительно электрошлифовальными машинками наплавленные указанным выше образом плоскости 3 и 7 до уровня базовых полос $a-b$, $b-c$ и $e-c$. Базовые полосы при этом не шлифуются. Проверка производится линейкой, плитой и щупом</p> <p>9. Шлифовать на 0,5 мм базовые полосы $a-b$, $b-c$ и $e-c$ с проверкой линейкой по краске. По шлифованным базовым полосам шлифовать окончательно плоскости 3 и 7 шаблом, проверяя по плите на краску и щупом относительно контрольных площадок</p>
	<p>10. Устанавливая линейку на плоскости 3 и 7 в положении $A-B$ и $A'-B'$, наплавкой и шлифованием подогнать на одинаковом расстоянии от линейки на плоскости 5 (плоскость, на которой лежит подштамповка подушка) четыре базовые площадки f, g, h и i и на 2 мм ниже их контрольные площадки</p>

Продолжение табл. 20

Эскизы	Содержание операций
	<p>11. Подготовить на плоскости 5 шлифованием выступающих частей электрической шлифовальной машинкой и наплавкой впадин базовые полосы $f-g$ и $h-i$ (данная операция выполняется таким же образом, как и операция 2)</p> <p>12. Шлифовать базовые полосы $f-g$ и $h-i$, обеспечив совмещение их с плоскостью, в которой лежат базовые площадки f, g, h и i (операция производится в соответствии с указаниями по операции 3)</p> <p>13. Перемещая установленные на базовые полосы $f-g$ и $h-i$ линейку, сошлифовать электрической шлифовальной машинкой все выступы на плоскость 5, прилегающие к прилеганию линейки к базовым полосам, и наплавить участки, где зазор между плоскостью 5 и линейкой оказывается более 0,5 мм</p> <p>14. Шлифовать предварительно плоскость 5 до уровня базовых полос $f-g$ и $h-i$ согласно указаниям по операции 8</p> <p>15. Шлифовать окончательно плоскость 5 с понижением базовых полос на 0,5 мм, как указано в операции 9</p>
	<p>16. По чертежным размерам наплавкой и шлифованием подогнать на верхней части задних боковых плоскостей 10 и 11 по две базовые площадки и контрольные площадки к ним так, чтобы все они находились на указанном в чертеже расстоянии от отверстий для крепления стоек и лежали в одной плоскости, перпендикулярной плоскостям 3 и 7. Проверка производится штангенциркулем, линейкой и угольником, который одной своей стороной кладется на плоскости 3 и 7</p> <p>17. Подготовить по концам плоскостей 10 и 11 шлифованием и наплавкой базовые полосы (вертикальные) шириной 10 мм, расположенные в плоскости, перпендикулярной плоскостям 3 и 7 (для проверки перпендикулярности угольник одной стороной накладывается на плоскости 3 и 7 и второй стороной на базовые площадки)</p> <p>18. Шлифовать базовые полосы на плоскостях 10 и 11, обеспечив их перпендикулярность плоскостям 3 и 7 (проверка производится щупом и угольником; при проверке угольник накладывается одной своей стороной на обработанные плоскости 3 и 7)</p> <p>19. Перемещая установленную на базовые полосы линейку, сошлифовать все мешающие прилеганию линейки к базовым полосам выступы и наплавить места, где между плоскостями 10 и 11 и линейкой имеется зазор более 0,5 мм</p> <p>20. Шлифовать предварительно плоскости 10 и 11 аналогично указанному в операции 8</p> <p>21. Шлифовать окончательно плоскости 10 и 11 со снятием слоя 0,5 мм со всей поверхности этих плоскостей, в том числе и с базовых полос, аналогично указанному в операции 9</p>

Эскизы	Содержание операций
	<p>22. Подогнать на концах верхнего края плоскости $б$ две базовые и контрольные к ним площадки $і$ и $к$, выдержав указанную в чертеже шаблона величину угла α_1 по шаблону (шаблон одной стороной приставляется к плоскости 11, проверка производится щупом)</p>
	<p>23. Подготовить шлифованием с наплавкой, устанавливая линейку на базовые площадки $і$ и $к$, базовую полосу $і—к$ в верхней части плоскости $б$</p> <p>24. Шлифовать базовую полосу $і—к$ (проверка производится аналогично указанному в операции 3)</p>
	<p>25. Подогнать две базовые и контрольные к ним площадки $і_1$ и $к_1$ в нижней части плоскости $б$, выдержав указанный в чертеже угол α_2 по шаблону (шаблон ставится одной стороной на плоскость 5 и второй — вплотную к базовой полосе $і—к$)</p> <p>26 и 27. Подготовить и шлифовать базовую полосу $і_1—к_1$ в нижней части плоскости $б$ (данные операции выполняются аналогично операциям 23 и 24)</p> <p>28—30. Наплавить и шлифовать предварительно и окончательно плоскость $б$ (данные операции выполняются аналогично операциям 19—21)</p>
	<p>31. Подогнать на верхнем крае плоскости $б'$ две базовые и контрольные к ним площадки $е$ и $т$, выдержав указанную в чертеже шаблона величину угла α_3 по шаблону (шаблон прикладывается одной своей стороной к верхнему краю обработанной плоскости $б$)</p>

Продолжение табл. 20

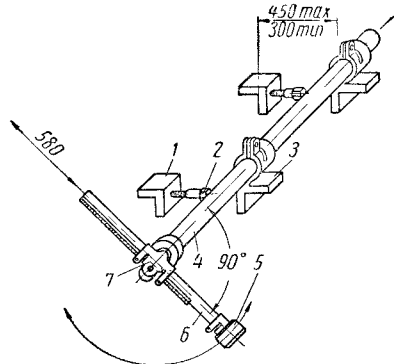
Эскизы	Содержание операций
	<p>32. Подогнать на нижнем крае плоскости 6' две базовые и контрольные к ним площадки e_1 и m_1, выдержав угол α_3 по шаблону. Проверка производится так же, как при выполнении операции 31</p>
	<p>33 и 34. Наплавить и подогнать базовые полосы $e-m$ и e_1-m_1; наплавить и шлифовать предварительно и окончательно плоскость 6' (данные операции выполняются аналогично операциям 2, 3, 7-9)</p>
	<p>35. Подогнать две базовые и контрольные к ним площадки n и n_1 на переднем конце плоскости 4, выдержав указанную в чертеже величину угла α_4 по шаблону (шаблон устанавливается одной стороной на обработанную плоскость 5 вплотную к плоскости 4; проверка производится шупом)</p> <p>36. Наплавить и подогнать базовую полосу $n-n_1$ (операция выполняется аналогично операциям 2 и 3)</p>
	<p>37. Подогнать на заднем конце плоскости 4 базовую и контрольную площадки O на соответствующем чертежу расстоянии от соответствующей точки плоскости 6 (проверка производится штихмасом, штангенрейсмусом и линейкой) и базовую и контрольную площадки O_1 по шаблону на угол α_4</p> <p>38. Наплавить и подогнать базовую полосу $O-O_1$ (операция выполняется аналогично операциям 2 и 3)</p> <p>39. Наплавить и шлифовать предварительно и окончательно плоскость 4 (операция выполняется аналогично операциям 7-9)</p> <p>40. Зачистить шлифовальными машинками все радиусные закругления между плоскостями 4-6 и 6'</p> <p>41. Наплавить и шлифовать плоскости 12 и 13 (см. эскиз к операции 15; работа производится согласно указаниям по операциям 1-9). В результате выполнения данной операции должно быть обеспечено правильное в соответствии с чертежом положение плоскостей 12 и 13 относительно плоскостей 10 и 11 и плоскостей 3 и 7</p> <p>42. Наплавить и шлифовать выступы шаблона, ограничивающие передвижение станин (работа производится согласно указаниям по операциям 1-9). Положение подгоняемых плоскостей проверяется относительно плоскостей 3 и 7, 10 и 11. Для проверки уклонов применяется шаблон с наружным тупым углом согласно размерам в чертеже шаблона. Шаблон устанавливается одной стороной к плоскостям 10 и 11, второй — к подгоняемой плоскости</p>

Исправление рабочих плоскостей стоек (станин) молота часто производится по показаниям рамного уровня, проверяя им правильность положения каждой рабочей плоскости у стойки, установленной на шаботе. При этом приходится несколько раз ставить стойки на шабот и вновь снимать их для исправления, что определяет большую трудоемкость такого способа ремонта. Чтобы избежать этого, при наличии на заводе крупных продольно-строгольных и расточных станков изношенные рабочие поверхности стоек молотов должны, как правило, быть обработаны на станке с точностью, указанной в разделе «Ремонт и изготовление деталей кузнечно-прессового оборудования» (стр. 321), и только после того как такая точность достигнута, поступать на сборку.

Проверка при сборке и сборке деталей молота правильности взаимного положения их рабочих поверхностей универсальными измерительными средствами требует много времени и не всегда может обеспечивать необходимую точность.

Значительная экономия времени при таких проверках достигается применением специальных контрольно-поверочных приспособлений.

Для определения величины отклонения от перпендикулярности опорной плоскости стойки к плоскостям «кармана» в процессе исправления этой плоскости может применяться приспособление, показанное на фиг. 107. Приспособление

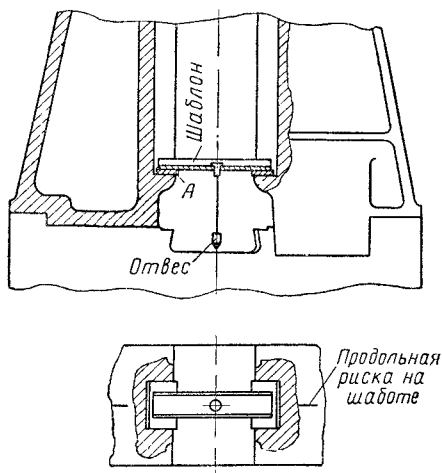


Фиг. 107. Приспособление для проверки перпендикулярности опорной плоскости стойки к плоскостям «кармана».

устанавливается и крепится в «кармане» стойки посредством двух угольников 1, двух крошителей 3 и двух распорных винтов 2.

Труба 4 устанавливается так, чтобы между роликом 5 и опорной плоскостью станины оставался зазор 0,5—0,6 мм. Затем, вращая головку 7 со штангой 6 на неподвижной трубе 4, определяют щупом неравномерность зазоров на различных радиусах в диаметрально противоположных точках опорной плоскости стойки, по которым и можно судить о величине отклонений в процессе исправления этой плоскости, т. е. не устанавливая стойку на шабот.

При отсутствии на стойках центровых рисков проверка совмещения осей стоек с продольной осью шабота может осуществляться при помощи специального шаблона с отверстием для крепления отвеса в центре шаблона (фиг. 108).



Фиг. 108. Выверка стоек относительно центра шабота.

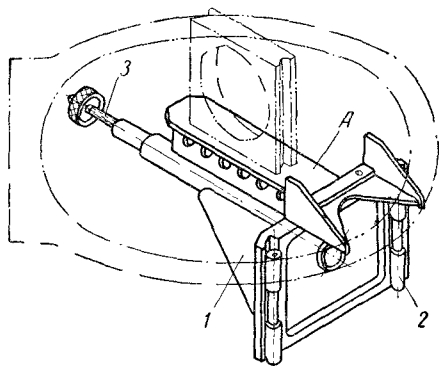
Пластина А шаблона должна плотно входить в «карманы» стоек.

По совмещению острия отвеса относительно продольной риски шабота судят о правильности положения стоек.

Для определения перпендикулярности оси цилиндра к шаботу применяют приспособление, показанное на фиг. 109. Оно состоит из корпуса 1, к которому прикреплены два ролика 2. Площадка А корпуса строго перпендикулярна оси роликов. Приспособление устанавливается в верхней части цилиндра так, чтобы ролики 2 касались образующей цилиндра, и крепится распорным винтом 3. После установки приспособления на площадку А ставят уровень, по показаниям которого

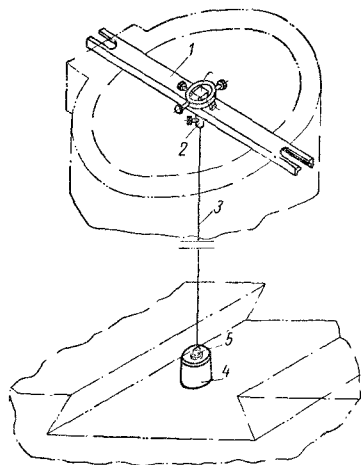
судят о правильности положения цилиндра.

Для совмещения осей цилиндра и бабы можно пользоваться приспособлением, по-



Фиг. 109. Приспособление с уровнем для определения перпендикулярности оси цилиндра к плоскости шабота.

казанным на фиг. 110. Оно состоит из планки 1, хвостовика 2, струны 3, цилиндра 4, плунжера 5 и пружины, служащей для натяжения струны 3. Планка 1



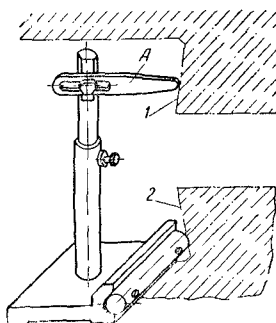
Фиг. 110. Приспособление для проверки соосности цилиндра и бабы.

крепится к торцу цилиндра, струна пропускается через отверстие в бабе, зажатой в направляющих, и закрепляется в хвостовике 2 таким образом, чтобы цилиндр 4 опирался на плоскость шабота или штампо-

держателя, а струна 3 была натянута под действием пружины.

Перемещением планки 1 струну совмещают с помощью штихмаса или нутромера с центром верхней части отверстия цилиндра молота. Затем, перемещая цилиндр 4 приспособления по плоскости шабота или штамподержателя, достигают совмещения струны с центром отверстия втулки для штока внизу цилиндра. Таким образом, струна оказывается как бы материализованной осью цилиндра. По отношению струны проверяют и выверяют ось бабы.

Операция центровки бабы требуется для обеспечения совмещения привалочных плоскостей под хвостовики штампов у бабы и штамподержателя и для установления величины выступания направ-

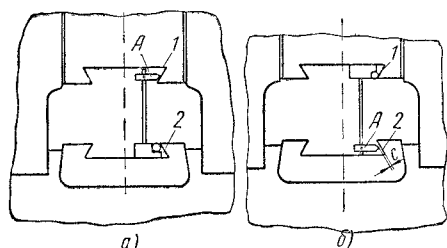


Фиг. 111. Приспособление для проверки параллельности привалочных плоскостей штамподержателя и бабы.

ляющих из «карманов» (в табл. 20) обозначены буквами k и k_1). Эти величины необходимо знать, чтобы выдерживать их при каждой наладке молота, так как в противном случае баба может быть смещена по отношению оси цилиндра, что будет вызывать поломки штока и односторонний износ цилиндра.

Параллельность и совмещение привалочных плоскостей под хвостовики штампов в бабе и штамподержателе проверяют с помощью приспособления, показанного на фиг. 111. При проверке параллельности плоскостей приспособление передвигают вдоль плоскости 2 и щупом измеряют наибольший зазор между планкой А и плоскостью 1.

Для определения величины смещения плоскости 1 бабы по отношению плоскости 2 штамподержателя приспособление сначала устанавливают в положение, показанное на фиг. 112, а, а затем в положение

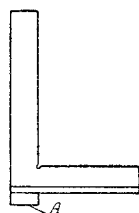


Фиг. 112. Схема проверки совмещения привалочных плоскостей штамподержателя и бабы приспособлением.

по фиг. 112, б и измеряют зазор С. Величина смещения будет равна $\frac{C}{2}$.

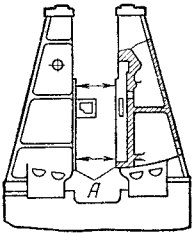
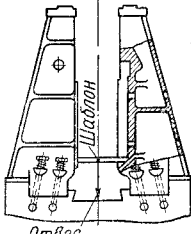
Для проверки смещения шпоночных гнезд штамподержателя и бабы применяют специальный угольник (фиг. 113), отли-

Фиг. 113. Специальный угольник для совмещения привалочных плоскостей шпоночных гнезд штамподержателя и бабы.

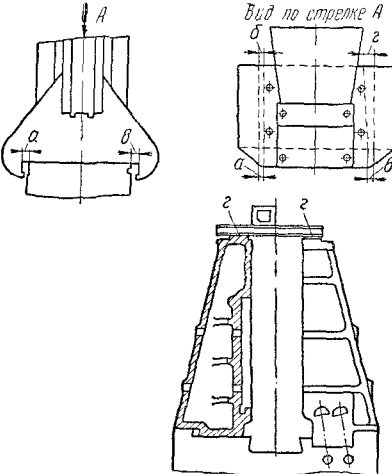
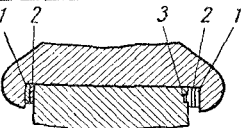
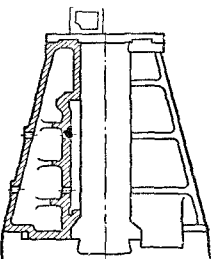
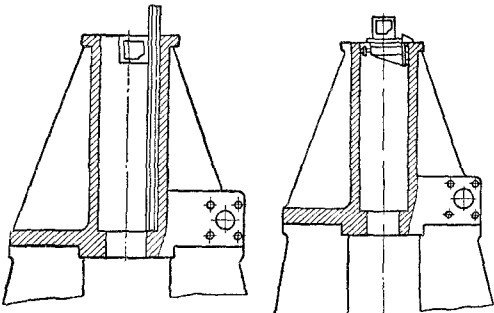


чающийся от нормального угольника тем, что к нему привернута пластинка А.

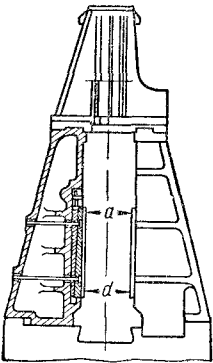
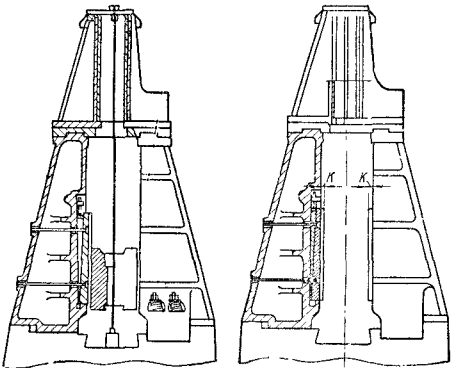
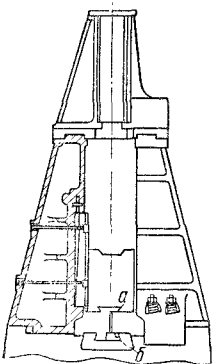
21. Типовой технологический процесс сборки штамповочного молота при капитальном и среднем ремонте

Эскизы	Содержание операций
	<p>1. Установить обе стойки на шабот и проверить:</p> <p>а) прилегание опорных плоскостей стоек и шабота на краску, площадь прилегания должна быть не менее 75% общей площади сопряжения; местные зазоры допускаются не более 0,15 мм;</p> <p>б) перпендикулярность стоек по отношению шабота в двух взаимно-перпендикулярных направлениях; допускается отклонение 0,2 мм на 1000 мм в продольном направлении; наклон только в наружную сторону; в поперечном направлении допускается отклонение 0,1 мм на 1000 мм (обе стойки могут отклоняться только в одну сторону);</p> <p>в) параллельность базовых плоскостей А между собой; допускаемое отклонение 0,4 мм на 1000 мм; если при указанных проверках обнаружены отклонения выше допускаемых ТУ, необходимо снять стойки и исправить их опорную плоскость, учитывая при этом величину и направление отклонений, зафиксированных при проверке уровнем.</p> <p>Перпендикулярность опорной плоскости к поверхностям «кармана» можно определить по специальному приспособлению (см. фиг. 107 на стр. 858). После исправления стоек следует повторить проверки а — в</p>
	<p>2. Закрепить стойки шпильками с амортизационными пружинами, создав небольшое натяжение пружин. Установить обе стойки так, чтобы зазоры вокруг шпильки позволяли перемещать стойки в продольном направлении в обе стороны (на 2—6 мм в зависимости от мощности молота), а их оси совпали с осью шабота путем совмещения рисок на шаботе и на стойках или применив шаблон с отвесом (при отсутствии центровых рисок на стойках).</p> <p>При этом следует проверить совпадение плоскостей Б стоек между собой, линейкой и угольником. Допускается несовпадение плоскостей до 0,3 мм</p>

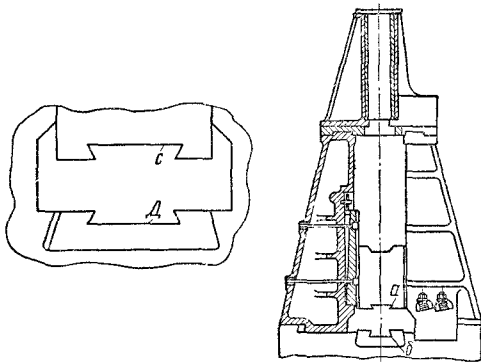
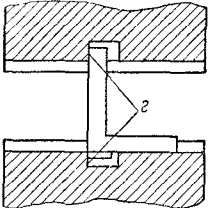
Продолжение табл. 21

Эскизы	Содержание операций
	<p>3. В установленных стойках в соответствии с операцией 2 произвести замеры просветов <i>a</i> и <i>б</i> для изготовления компенсирующих планок и <i>a</i> и <i>б</i> для изготовления клиньев крепления стоек</p> <p>4. Уложить на плоскости <i>z</i> поверочную линейку с уровнем и проверить:</p> <ul style="list-style-type: none"> а) совпадение плоскости; б) горизонтальность плоскостей <i>z</i>. <p>Поверхности <i>z</i> обеих стоек должны лежать в одной плоскости и быть горизонтальными. Отклонение от горизонтальности допускается 0,2 мм на 1000 мм. При наличии отклонений выше допускаемой величины дефект устранить путем обработки поверхностей <i>z</i></p>
	<p>5. Укрепить компенсирующие планки 1 и 2 и клин 3 на обеих стойках</p>
	<p>6. Установить подцилиндровую плиту на стойки и проверить:</p> <ul style="list-style-type: none"> а) плотность прилегания плиты к стойкам; допускаются местные зазоры не более 0,15 мм б) горизонтальное положение плиты; допускаемое отклонение 0,2 мм на 1000 мм <p>При выявлении отклонений выше допускаемых дефект устранить за счет обработки плоскостей подцилиндровой плиты, сопряженных со стойками</p>
	<p>7. Установить цилиндр на подцилиндровую плиту и проверить:</p> <ul style="list-style-type: none"> а) положение оси цилиндра по отношению шабота с помощью линейки и уровня или специальным приспособлением с уровнем (фиг. 109, стр. 85); неперпендикулярность цилиндра допускается 0,2 мм на 1000 мм б) плотность прилегания цилиндра к подцилиндровой плите; допускаются местные зазоры не более 0,15 мм <p>При наличии отклонений выше допускаемых снять цилиндр и подогнать плоскость подцилиндровой плиты строганием или ручным шлифованием в зависимости от величины отклонения</p> <p>8. Смонтировать цилиндр в сборе со шпильками и амортизационными пружинами</p> <p>9. Смонтировать клинья и направляющие бабы</p>

Продолжение табл. 21

Эскизы	Содержание операций
	<p>10. Проверить параллельность направляющих бабы по размеру a. Допускается расширение только вверх в пределах 0,6 мм. При наличии отклонений выше допускаемых дефект устранить путем подстройки клиньев</p> <p>11. Завести бабу в направляющие и отрегулировать направляющие</p>
	<p>12. Установить приспособление (фиг. 110, стр. 859) и отрегулировать направление струны так, чтобы она материализовала ось цилиндра. Проверить совпадение оси цилиндра с осью бабы. Несоосность допускается в пределах 1,0 мм. При несоосности цилиндра с бабой в продольном направлении соответственно переместить цилиндр с подцилиндровой плитой</p> <p>В поперечном направлении несовпадение осей регулировать с помощью направляющих, при этом следует измерить величину выступа k направляющих</p>
	<p>13. Проверить параллельность опорных плоскостей a и b штампов в бабе и штамподержателя с помощью приспособления (фиг. 111 на стр. 859) и щупа. Замер произвести при отцентрированной бабе. Допускается отклонение 0,3 мм на всю длину бабы</p> <p>При наличии отклонения, выше допускаемого ТУ дефект устранить путем выравнивания плоскости b штамподержателя</p>

Продолжение табл. 21

Эскизы	Содержание операций
	<p>14 Проверить при помощи нитяхмаса параллельность плоскостей <i>С</i> и <i>Д</i>. Допускается отклонение 0,5 мм на 500 мм.</p> <p>Отклонения выше допускаемых исправить за счет выравнивания плоскости <i>Д</i>.</p> <p>15. Проверить величину смещения плоскости <i>а</i> относительно плоскости <i>б</i> с помощью приспособления или угольника. Допускается отклонение 0,5 мм. При наличии смещения выше допускаемого произвести подгонку соответствующей плоскости обработкой или наплавкой с последующей обработкой.</p> <p>Примечание. Устранение смещения плоскости <i>а</i> по отношению к плоскости <i>б</i> путем перемещения стоек допускается производить лишь в пределах допуска, так как необходимо предусматривать возможность перемещения стоек при технологической настройке молота (возможность такого перемещения может ограничиваться зазорами вокруг шпилек).</p>
	<p>16. Проверить наличие смещения торцовых плоскостей шпоночных гнезд в бабе и штамподержателе. Допускается отклонение 0,5 мм. При наличии смещения выше допускаемого произвести исправление гнезд в штамподержателе путем наплавки электросваркой поверхностей <i>з</i> с последующей ее обработкой.</p>

Пневматические ковочные молоты

Станина молота при ремонте может не сниматься с фундамента, если она не имеет наклона, величина которого оказывается выше допускаемого. Проверка положения станины производится обычно при помощи рамного уровня, устанавливаемого на торцевой поверхности цилиндра. Для обеспечения правильности показания уровня торцовую поверхность цилиндра необходимо предварительно зачистить напильником или шабером и проверить по линейке. Если по каким-либо причинам уровень нельзя устанавливать непосредственно на торцовую плоскость цилиндра, пользуются поверочной линейкой, на которую ставится уровень. При невозможности использовать плоскость торца цилиндра в качестве базы для проверки положения станины проверку следует производить по третьему или четвертому вариантам, указанным в табл. 22.

Цилиндры молота могут растачиваться либо на расточном станке, для чего станина

снимается с фундамента, либо с помощью специального приспособления на месте установки или ремонта молота.

При расточке рабочего цилиндра необходимо одновременно расточить также и цилиндр компрессора для сохранения соотношения их площадей.

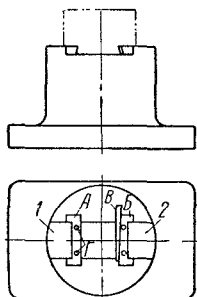
Отверстия втулок верхнего и нижнего золотников после доводки должны иметь поверхность правильной геометрической формы. Отклонение не должно превышать допусков, соответствующих *Аз*.

Перед выпрессовкой втулок на их торцах и на станине наносят риски для определения правильного положения при сборке.

Плоскости шабота, сопряженные с хвостовиком шаботной вставки, подвергаются большому износу. Восстановление их ведется в зависимости от величины износа по одному из следующих четырех вариантов.

Первый вариант — исправление изношенных поверхностей на месте опиловкой или шлифовкой электрической или

пневматической шлифовальной машины применяется при износе плоскостей до 0,5 мм.



Фиг. 114. Исправление гнезда шабота.

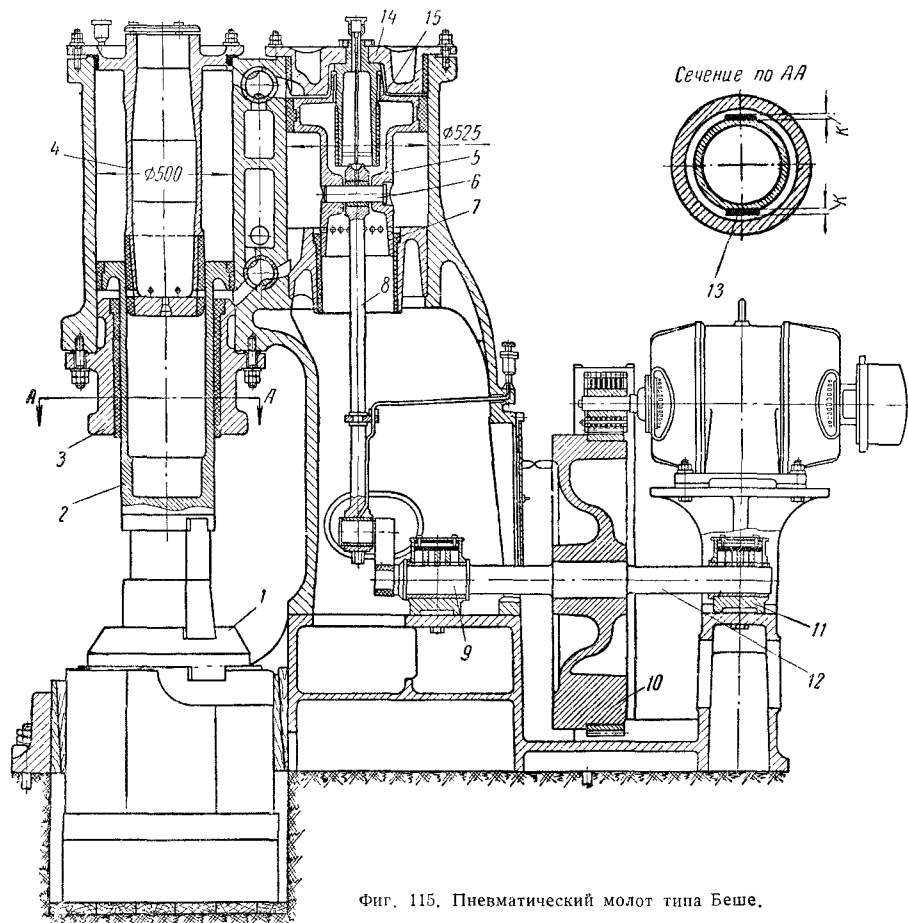
Второй вариант применяется при наличии местных выбоин свыше 0,5 мм, когда шабот отлит из стали. Выбоины наплавляют электросваркой. После наплавки, плоскости обрабатывают пневматическим зубилом и шлифовальным кругом.

Третий вариант применяется в слу-

чае выкрашивания плоскостей 1 и 2 гнезда (фиг. 114). Паз расширяют, и в него вводятся вкладыши А, Б из стали 45. Между вкладышами при помощи клина В крепится вставка. Вкладыши А и Б ставятся с горячей посадкой и закрепляются цилиндрическими шпильками Г.

К четвертому варианту прибегают при наличии значительной выработки плоскостей и возможности замены шаботной вставки большей. Он заключается в углублении и расширении гнезда под шаботную вставку механической обработкой (строганием или фрезерованием).

Третий и четвертый варианты можно применять при наличии подъемных средств и соответствующих станков или



Фиг. 115. Пневматический молот типа Беше.

при возможности выполнения обработки на месте при помощи переносных станков или приспособлений.

Сборку молота ведут в такой последовательности.

Устанавливают и слегка закрепляют буксу 3 (фиг. 115), заводят и опускают в цилиндр шток-бабу 2 с поршневыми кольцами. При этом шток должен свободно опускаться от собственного веса. Если шток-баба опускается с задержками, необходимо отрегулировать крепление буксы так, чтобы ликвидировать перекося, затем поднять шток-бабу в верхнее крайнее положение, подпереть подставкой и вставить неподвижный поршень 4.

Окончательное крепление поршня 4 и буксы 3 производят только после того, как шток-баба будет свободно опускаться вниз.

После этого необходимо произвести замер просветов k (см. разрез по АА на фиг. 115), по данным замеров прострогать, пришабрить и установить направляющие планки 13, опустить шток-бабу совместно с бойком в нижнее положение и подметить гнездо в шаботной вставке 1 под нижний боек. Вставить и заклинить нижний боек и расклинить шабот деревянными клиньями.

Вставить буксу 7 в цилиндр компрессора, опустить в цилиндр собранный узел поршня 5, шатуна 8 с пальцем 6, установить кривошипный вал 12 в сборе с шестерней 10 в подшипниках, проверив положение кривошипного вала по уровню.

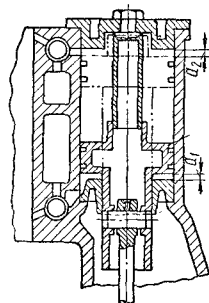
Допускаемое отклонение 1 мм на 1000 мм. Закрепить крышки подшипников и соединить вал 12 с шатуном 8. После сборки узла кривошипного вала и поршня производят определение величины зазоров a_1 и a_2 (фиг. 116) в крайних положениях поршня. Зазоры a_1 и a_2 должны быть в пределах 6 ± 1 мм.

При наличии отклонений выше допускаемых следует опустить подшипники 9 и 11 (фиг. 115) путем подстрагивания их опорных плоскостей или поднять их при помощи прокладок.

Крышка 14 компрессора ставится на место в сборе с направляющим стаканом 15 и слегка закрепляется болтами, после чего производят затяжку болтов так, чтобы не нарушить плавного перемещения поршня 5 при опускании его вниз.

Правильность положения электродвигателя проверяется по зацеплению шестерен.

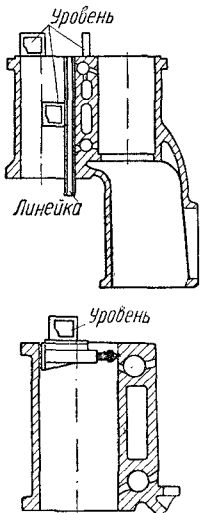
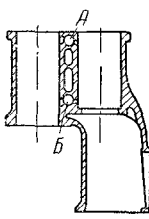
Под лапы электродвигателя рекомендуется устанавливать прокладку, за счет изменения высоты которой добиваются нормального зацепления шестерен.



Фиг. 116. Определение зазора в крайних положениях нагнетательного поршня.

22. Типовой технологический процесс ремонта шабота, станины и золотниковых втулок пневматического молота

Эскизы	Содержание операций
	<p>Ремонт шабота</p> <p>1. Проверить уровнем положение шабота на фундаменте. Допускаемое отклонение от горизонтального положения 3 мм на 1000 мм. При наличии отклонения шабот и осмотреть деревянную подушку и состояние фундамента. При наличии дефектов у брусев подушки заменить ее новой, а при обнаружении трещин или разрушения верхней части фундамента срубить ее до цельного бетона и залить свежим бетоном, выдержав его до полного схватывания.</p> <p>После полного затвердевания бетона поверхность фундамента выровнять по линейке и уровню до получения горизонтальности в пределах 1,0 мм на 1000 мм.</p> <p>2. Проверить с помощью линейки и шупа величину износа плоскостей 1—3 под хвостовик вставки. Допускается непрямолинейность плоскостей в пределах 0,3 мм на 500 мм.</p> <p>3. При наличии износа плоскостей 1—3 выше допускаемой величины произвести восстановление этих плоскостей по одному из указанных выше (стр. 864) четырех вариантов.</p>

Эскизы	Содержание операций
	<p style="text-align: center;"><i>Ремонт станины</i></p> <p>1. Проверить положение станины молота. Проверка может производиться одним из следующих способов:</p> <ul style="list-style-type: none"> а) уровнем, установленным на верхнем фланце рабочего цилиндра в двух взаимно-перпендикулярных положениях; б) уровнем и линейкой, установленной на верхнем фланце цилиндра; в) уровнем по образующей цилиндра, к которой приложена поверочная линейка; г) специальным приспособлением, установленным в верхней части цилиндра. <p>Допускаемое отклонение от горизонтальности 1,0 мм на 1000 мм. Если станина имеет уклон выше допускаемого отклонения, снять ее с фундамента и выровнять поверхность фундамента по линейке и уровню. Установить станину и вновь проверить ее положение по уровню.</p> <p>2. Проверить штихмасом величину износа рабочего цилиндра и цилиндра компрессора. Допускаемый износ цилиндра в пределах 2 мм на диаметр для молота весом свыше 500 кг.</p> <p>3. При износе рабочего цилиндра или цилиндра компрессора выше допускаемой величины произвести расточку цилиндров на месте с помощью специального приспособления или на расточном станке.</p>
	<p style="text-align: center;"><i>Ремонт золотниковых втулок</i></p> <p>Проверить износ отверстий втулок А и Б верхнего и нижнего золотников.</p> <p>При наличии износа отверстий золотниковых втулок производят исправление отверстий по одному из следующих вариантов:</p> <ul style="list-style-type: none"> а) при износе до 0,08 мм выровнять отверстие на месте регулируемой разверткой с последующей доводкой притиром; б) при износе выше 0,08 мм выпрессовать втулки и расточить их на станке с доводкой притиром; в) установить станину на расточной станок; расточить и развернуть отверстия втулок.

Горизонтально-ковочные машины

Благодаря наличию сменных направляющих пластин для всех трех полуузов плоскости станины горизонтально-ковочной машины непосредственно не соприкасаются с ползунами и изнашиваются мало.

Изнашивающиеся бронзовые направляющие пластины легко могут быть демонтированы и исправляются строганием или шлифованием на станке.

У ковочных машин обычно сильно изнашивается отверстие в станине, в котором крепится опорный валик поперечного зажимного ползуна. Исправление этого отверстия, расположенного в плохо доступном месте, распиливанием или расшари-

ванием затруднительно. Для выполнения этой работы следует иметь специальное приспособление с механическим или ручным приводом для расточки отверстия на месте. После расточки в отверстие запрессовывают втулки, которые легко можно заменять при последующих ремонтах.

Операции выравнивания горизонтальных плоскостей станины под ползуны ведут по плоскостному шабровочному инструменту (плиты, линейки) с одновременной проверкой параллельности этих плоскостей уровнем. При проверке уровнем необходимо учитывать величину и направление отклонения от горизонтального положения самой станины.

Одной из причин поломок коленчатого

вала является неправильное положение опорных подшипников, расположенных в станине. В связи с этим в типовом технологическом процессе ремонта (табл. 23) предусмотрена операция проверки и пригонки опорных поверхностей под вкладыши (операция 10), целью которой является плотная посадка вкладышей.

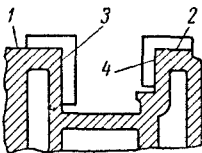
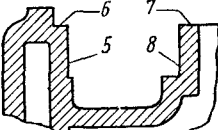
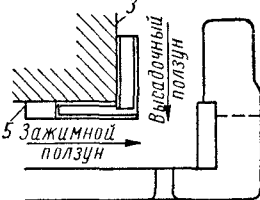
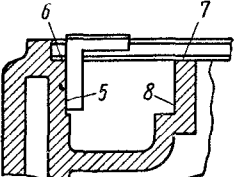
Все три вкладыша должны быть расположены на одной оси; для этого нижние части вкладышей шабруются после их установки в опорах станины по сопрягаемым

поверхностям коренных шеек коленчатого вала.

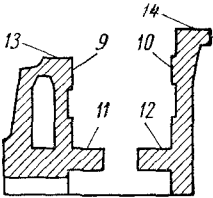
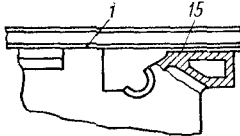
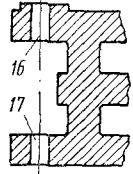
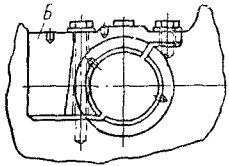
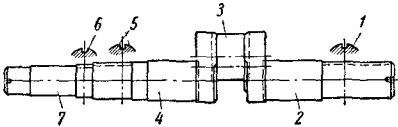
Верхние вкладыши пришабриваются также по шейкам вала. Зазор между шейками вала и вкладышами регулируется прокладками.

Типовым технологическим процессом ремонта предусмотрены два варианта восстановления ползунов. Первый вариант (шабрение) применяют при наличии максимального износа поверхностей 0,2 мм.

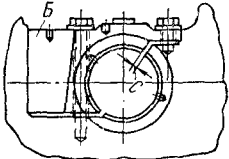
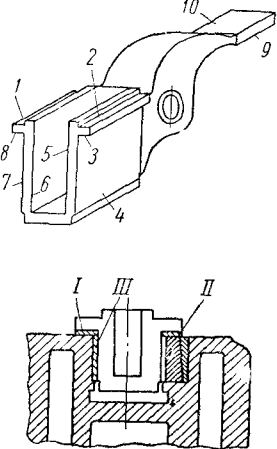
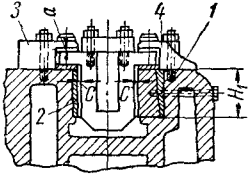
23. Типовой технологический процесс ремонта основных деталей и узлов горизонтально-ковочной машины

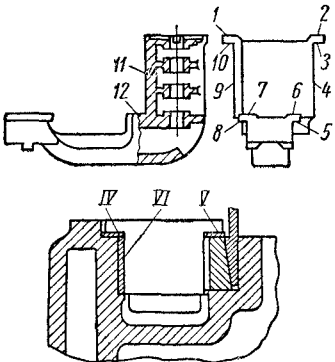
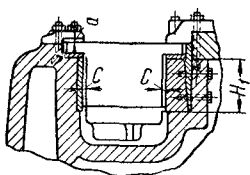
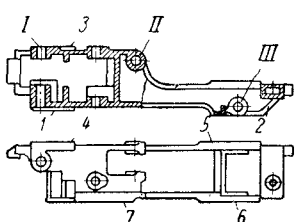
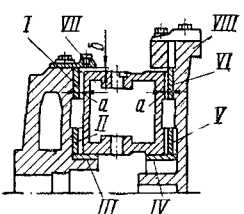
Эскизы	Содержание операций
	<p>Ремонт станины</p> <p>1. Перед началом ремонта проверяют правильность установки станины по уровню. Если имеется отклонение выше 0,5 мм на 1000 мм, следует переустановить машину. Допускаемое отклонение после переустановки 0,1 мм на 1000 мм.</p> <p>2. Проверить прямолинейность направляющих поверхностей 1—4 под центральный высадочный ползун по шабровочной плите и перпендикулярность поверхностей 3 и 4 относительно поверхностей 1 и 2 угольником. Поверхности 1 и 2 должны лежать в одной плоскости. Поверхности 3 и 4 должны быть перпендикулярными к поверхностям 1 и 2. Допускаемое отклонение 0,05 мм на длине 500 мм. При повышенных отклонениях исправить поверхности шлифованием (ручной шлифовальной машиной) или шабрением.</p>
	<p>3. Проверить направляющие поверхности 6 и 7 под зажимной ползун по плите и при наличии забоин или неровностей пришабрить эти плоскости по плите на краску.</p>
	<p>4. Проверить и при необходимости выправить поверхность 5 относительно поверхности 3 по угольнику.</p>
	<p>5. Проверить перпендикулярность к плоскостям 6 и 7 плоскостей 5 и 8 при помощи поверочной линейки и угольника. Допускаемое отклонение 0,05 мм на длине 500 мм. При повышенных отклонениях произвести выравнивание плоскостей 5 и 8 шлифованием (ручной шлифовальной машиной) или шабрением.</p>

Продолжение табл. 23

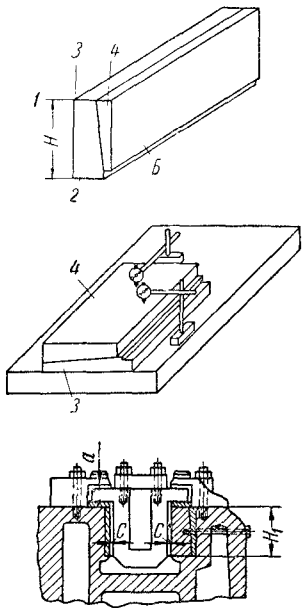
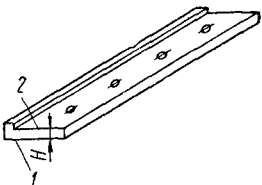
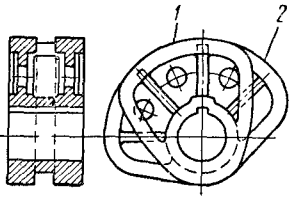
Эскизы	Содержание операций
	<p>6. Проверить взаимную параллельность поверхностей 9 и 10 под боковой ползун и перпендикулярность этих поверхностей плоскостям 11 и 12. Допускаемая непараллельность 0,1 мм. Допускаемая неперпендикулярность 0,05 мм на длине 500 мм. При повышенных отклонениях произвести:</p> <p>а) выравнивание плоскостей 11 и 12 по плите;</p> <p>б) выравнивание плоскостей 9 и 10 по плите с одновременной проверкой их перпендикулярности поверхностям 11 и 12 угольником</p> <p>7. Проверить по линейке поверхности 13 и 14; при наличии забороз или неровностей пришабрить по линейке на краску</p>
	<p>8. Проверить параллельность плоскостей 15 и 1 с помощью линейки и шупа. Допускаемое отклонение 0,05 мм на длине 500 мм. При повышенных отклонениях выровнять поверхность 15 шлифованием или шабрением</p>
	<p>9. Проверить величину износа отверстий 16 и 17 под валик шарнира. При износе отверстий произвести их расточку с помощью специального приспособления на месте</p>
	<p>10. Проверить состояние поверхностей отверстий под вкладыши коленчатого вала. Зазор между новыми вкладышами и сопряженными поверхностями станины допускается в пределах 0,05 мм. При зазоре до 0,2 мм поверхности станины под вкладыш следует пришабрить по сопряженным поверхностям вкладышей. При зазоре более 0,2 мм расточить отверстия на месте с помощью специального приспособления</p>
	<p>11. Осмотреть коленчатый вал для выявления трещин и других повреждений, а также проверить износ шеек 2—4 и 7. Допускаются:</p> <p>а) отдельные неглубокие нитевые трещины;</p> <p>б) эллипсность и конусность шеек 2—4 и 7 без исправления в пределах допусков посадки X_3;</p> <p>в) неравномерность ширины шпоночного паза до 0,1 мм;</p> <p>г) расширение шпоночного паза в целях восстановления до 10% первоначальной ширины</p> <p>При наличии трещин вал заменить новым. При повышенном износе рабочих шеек произвести исправление шеек точением или шлифованием</p> <p>Расширение шпоночных пазов 1, 5 и 6 для восстановления их геометрической формы производится припиливанием или фрезерованием</p> <p>12. Пришабрить предварительно рабочие поверхности полувкладышей по шейкам коленчатого вала. Допускаемое число пятен 2—4 на поверхности 25 × 25 мм</p>

Продолжение табл. 23

Эскизы	Содержание операций
	<p>13. Установить вкладыши коренных подшипников гнезда станины и укрепить крышками</p> <p>14. Шабрить поверхности вкладышей всех трех подшипников по шейкам коленчатого вала. При этом должен оставаться гарантийный зазор <i>C</i>, равный 0,5—1,0 мм</p> <p>15. Пригнать плотно клин <i>B</i> по месту. Допускаются местные зазоры в пределах 0,1 мм</p> <p>16. Установить и укрепить к станине направляющие пластины для высадочного, зажимного и бокового ползунов</p> <p>17. Смонтировать плиты и регулируемые клинья для высадочного и зажимного ползунов</p>
	<p>Восстановление ползунов</p> <p>Центральный высадочный ползун</p> <p><i>Первый вариант</i></p> <p>1. Шабрить поверхности 3, 7—9 ползуна по сопрягающимся поверхностям пластин <i>I</i>, <i>II</i> и <i>III</i>, прикрепленных к станине</p> <p>2. Шабрить поверхность 4 и 10 по плите, проверяя их параллельность поверхностям 7 и 9 микрометром. Допускаемая непараллельность 0,03 мм</p> <p>Шабрить поверхности 1 и 2, проверяя их параллельность поверхностям 3 и 8 микрометром. Допускаемая непараллельность 0,03 мм на всей длине</p> <p>Шабрить поверхности 5 и 6 по плите, проверяя параллельность этих поверхностей поверхностям 4 и 7 микрометром. Допускаемая непараллельность 0,03 мм на всей длине</p>
	<p><i>Второй вариант</i></p> <p>Произвести выравнивание поверхностей 1—10 строганием, фрезерованием или шлифованием на станке</p> <p>1. После строгания или фрезерования обработанные поверхности зачистить шабером</p> <p>2. Произвести полную сборку узла ползуна, соединив его с шатуном и коленчатым валом</p> <p>3. Отрегулировать клином <i>I</i> положение ползуна, создав суммарный зазор <i>2C</i> в пределах 0,4—0,5 мм</p> <p>4. Укрепить верхние направляющие планки 3 и 4 и измерить зазор <i>a</i> (допускается в пределах 0,25—0,35 мм). При большем зазоре шлифовать привалочную плоскость планки</p>

Эскизы	Содержание операций
	<p align="center">Поперечный зажимной ползун</p> <p align="center"><i>Первый вариант</i></p> <p>1. Шабрить поверхности 3, 10, 9, 5 и 8 по сопрягающимся поверхностям пластин IV, V, VI, VII и VIII, прикрепленных к станине. (Пластины VII и VIII на эскизе не показаны)</p> <p>Шабрить поверхность 4 по плите, проверяя параллельность относительно поверхности 9 микрометром</p> <p>Шабрить поверхности 6, 7, 1 и 2 по линейке, проверяя микрометром параллельность этих поверхностей поверхностям 5, 8, 10 и 3</p> <p>Проверить по шабравочной плите поверхности 11 и 12 и при наличии забоин зачистить их шабером.</p> <p align="center"><i>Второй вариант</i></p> <p>1. Произвести выравнивание поверхностей 1—12 строганием, фрезерованием или шлифованием на станке. После строгания или фрезерования поверхности зачистить шабером</p>
	<p>2. Собрать ползун, соединив его с шарниром, и произвести регулировку аналогично регулировке центрального высадочного ползуна</p>
	<p align="center">Продольный боковой ползун</p> <p align="center"><i>Первый вариант</i></p> <p>1. Шабрить поверхности 1—3 по плите, проверяя их параллельность поверхностям 1 и 2 микрометром или индикатором (от плиты)</p> <p>Шабрить поверхности 4 и 5 по плите, выдерживая прямой угол с базовыми поверхностями 1 и 2 по угольнику</p> <p>Шабрить поверхности 6 и 7 по плите, проверяя параллельность этих поверхностей поверхностям 4 и 5 микрометром или индикатором (от плиты)</p> <p align="center"><i>Второй вариант</i></p> <p>1. Шлифовать поверхности 1—7, выдерживая их взаимную параллельность и перпендикулярность</p> <p>2. Проверить величину износа поверхностей отверстий I, II и III. Допускаемое отклонение (без ремонта) в пределах допусков посадки А₃. При повышенном износе произвести расточку этих отверстий с установкой компенсирующих втулок</p>
	<p>3. Смонтировать планки I—VI. Допускаются суммарный зазор 2а в пределах 0,5—0,6 мм и зазор б в пределах 0,3—0,4 мм</p> <p>При зазоре 2а меньшем указанного шлифовать пластины</p> <p>При несоответствии зазора б указанной величине шлифовать соответствующие плоскости направляющих планок</p>

Продолжение табл. 23

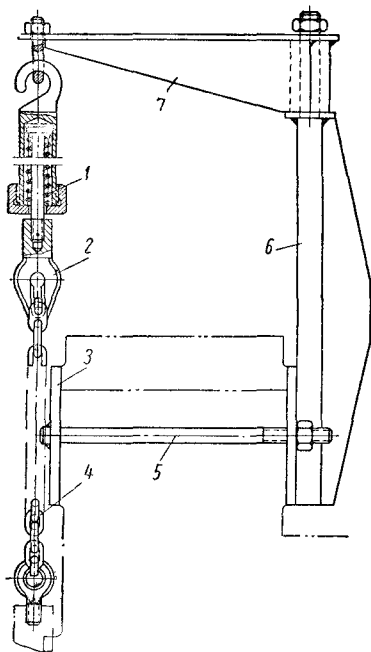
Эскизы	Содержание операций
	<p>Восстановление плит, регулировочных клиньев, бронзовых направляющих пластин и эксцентрика</p> <p>Плита и регулировочный клин</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Соединить обе детали и проверить: <ol style="list-style-type: none"> а) разность размеров H плиты и H_1 станины; б) параллельность поверхностей 1 и 2; в) параллельность поверхностей 3 и 4 2. Если размер H плиты больше H_1 станины, следует шлифовать поверхности 1 и 2 до получения одинаковых высот 3. При непараллельности плоскостей 3 и 4 пришабрить или прошлифовать эти плоскости в сборе до получения параллельности в пределах 0,03 мм на всей длине <p>Примечание. Аналогично приведенному производят восстановление плиты и регулировочного клина бокового зажимного ползуна</p>
	<p>Бронзовые направляющие пластинны</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Проверить величину износа поверхности 2 поперочной линейкой. Допускаемое отклонение 0,04 мм на 1000 мм 2. При повышенном износе наплавить поверхность 1 и выровнять поверхности 1 и 2 строганием или шлифованием, выдерживая параллельность плоскостей в пределах 0,04 мм. Одноименные подкладки обрабатывать попарно с одной установкой, выдерживая одинаковую толщину H
	<p>Эксцентрик</p> <p>Проверить по шаблону величину износа профиля эксцентрика по поверхности 1 и 2. Допускается отклонение от профиля шаблона в пределах 0,6 мм</p> <p>При повышенных отклонениях произвести наплавку электросваркой мест износа на поверхностях 1 и 2 с последующей обработкой фрезерованием и зачисткой шлифовальной машинкой по шаблону</p>

При большой величине износа применяют второй вариант (механическую обработку фрезерованием, строганием или шлифованием).

Установка высадочного и зажимного ползунов ведется по центральной оси симметрии, нанесенной разметкой.

Кривошипные прессы

При шабрении вертикальных плоскостей станины кривошипного пресса приходится удерживать шабровочную плиту в вертикальном положении на руках, что затрудняет работу и требует от слесарей значительной затраты физических сил. Для облегчения этой операции целесообразно применять приспособление, показанное на фиг. 117. Приспособление крепится к станине ремонтируемого прес-



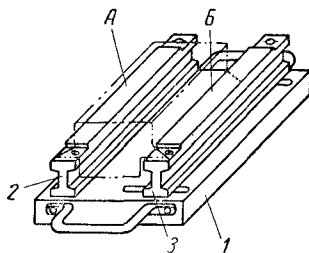
Фиг. 117. Приспособление для подвески шабровочной плиты при шабрении вертикальных плоскостей станины кривошипного пресса: 1 — уравнивающая пружина; 2 — замок; 3 — фланец для крепления приспособления в отверстии станины; 4 — цепь; 5 — стяжной болт; 6 — стойка; 7 — поворотный кронштейн.

са. Стяжной болт 5, замок 2 и цепь 4 дают возможность подвесить плиту на любую

высоту. Плита уравнивается пружиной 1. Поворотный кронштейн 7 позволяет отводить плиту в сторону.

Направляющие ползуна удобнее шабрить не по станине (операция 3, табл. 24), а по специальной плите (фиг. 118), у которой поверхности А и Б лежат в одной плоскости.

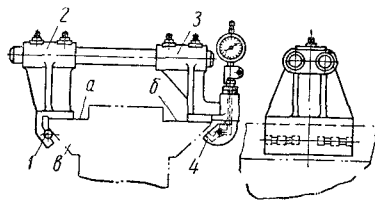
Плита состоит из основания 1, к которому прикреплены линейки 2 и 3. Линейка 3 может устанавливаться в зависимости от ширины шабруемого ползуна. Эта плита дает возможность производить шабрение обеих направляющих одновременно и гарантирует положение их в одной плоскости.



Фиг. 118. Специальная плита для шабрения ползуна пресса.

Для проверки параллельности направляющих ползуна целесообразно применять приспособление, показанное на фиг. 119.

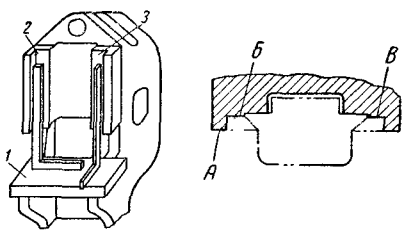
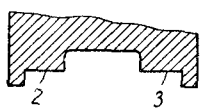
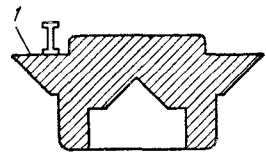
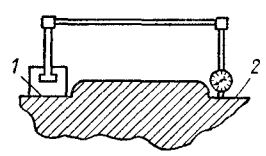
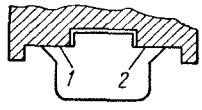
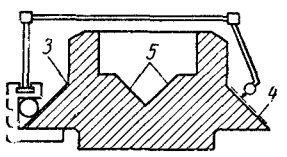
Приспособление устанавливается на ранее отшабренные плоскости ползуна а и б так, чтобы кронштейн 2 приспособления с роликом 1 касался плоско-



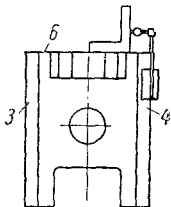
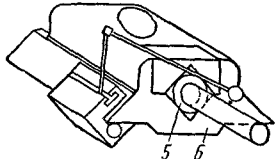
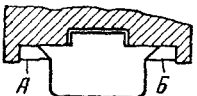
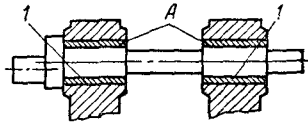
Фиг. 119. Приспособление для проверки параллельности направляющих пресса.

сти а, а мерительный штифт 4 — проверяемой плоскости. При перемещении приспособления вдоль направляющих ползуна отклонения их от параллельности через систему рычагов передают индикатору, закрепленному на кронштейне 3.

24. Типовой технологический процесс ремонта станины, ползуна и подшипников кривошипного пресса

Эскизы	Содержание операций
	<p><i>Ремонт станины</i></p> <p>1. Вывернуть поверхность 1 обработкой вручную, проверяя ее плоскостность по плите на краску. Одновременно должна проверяться перпендикулярность поверхности 1 к изношенным плоскостям А, Б и В (места под клинья) с помощью угольника или уровня. Непрямолинейность поверхности 1 допускается в пределах 0,1 мм на 1000 мм (только вогнутость)</p>
	<p>2. Шабрить поверхности 2 и 3 по шабровой плите, проверяя перпендикулярность этих плоскостей к поверхности 1 угольником или уровнем. Поверхности 2 и 3 должны лежать в одной плоскости. Неперпендикулярность их к поверхности 1 не более 0,08 мм на 500 мм</p>
	<p><i>Ремонт ползуна</i></p> <p>1. Шабрить поверхность 1 предварительно по линейке</p>
	<p>2. Шабрить поверхность 2 предварительно по линейке, проверяя параллельность ее поверхности 1 индикатором</p>
	<p>3. Шабрить окончательно поверхности 1 и 2 на краску по сопряженным направляющим станины или по специальной плите. Поверхности 1 и 2 должны лежать в одной плоскости. Непрямолинейность поверхностей 1 и 2 допускается не более 0,04 мм на 1000 мм</p>
	<p>4. Шабрить поверхность 3 по линейке</p> <p>5. Шабрить поверхность 4 по линейке, проверяя параллельность к поверхности 3 индикатором или с помощью специального приспособления</p> <p>Непрямолинейность поверхностей 3 и 4 допускается не более 0,04 мм на 1000 мм, а непараллельность — не более 0,04 мм на всю длину</p>

Продолжение табл. 24

Эскизы	Содержание операций
	<p>6. Шабрить поверхность 6 по плите, проверяя ее перпендикулярность к поверхностям 3 и 4 угольником и индикатором; непарallelность поверхности 6 допускается до 0,05 мм на 300 мм</p>
	<p>7. Шабрить плоскости гнезда 5 по призме или угольнику, проверяя параллельность оси гнезда к направляющим 3 и 4 при помощи оправки и индикатора. Непарallelность оси гнезда направляющим допускается в пределах 0,02 мм на 100 мм</p>
	<p>8. Шабрить зажимные клинья А и Б предварительно по плите и окончательно в сборе с ползуном</p>
	<p><i>Ремонт подшипников коренного вала</i></p> <p>1. Запрессовать втулки А коренного вала в станину 2. Шабрить одновременно поверхности 1 обеих втулок по шейкам коренного вала. Вал должен свободно вращаться во втулках с зазором, соответствующим посадке H₃</p>

РЕМОНТ ЛИТЕЙНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Формовочные машины

При ремонте формовочных машин приходится обычно заменять большое число литых деталей. При замене таких деталей новыми необходимо следить за тем, чтобы их необработанные поверхности были тщательно очищены от формовочного песка.

Необработанные поверхности литых деталей должны обязательно окрашиваться: внутренние — красной краской и наружные — черной или серой.

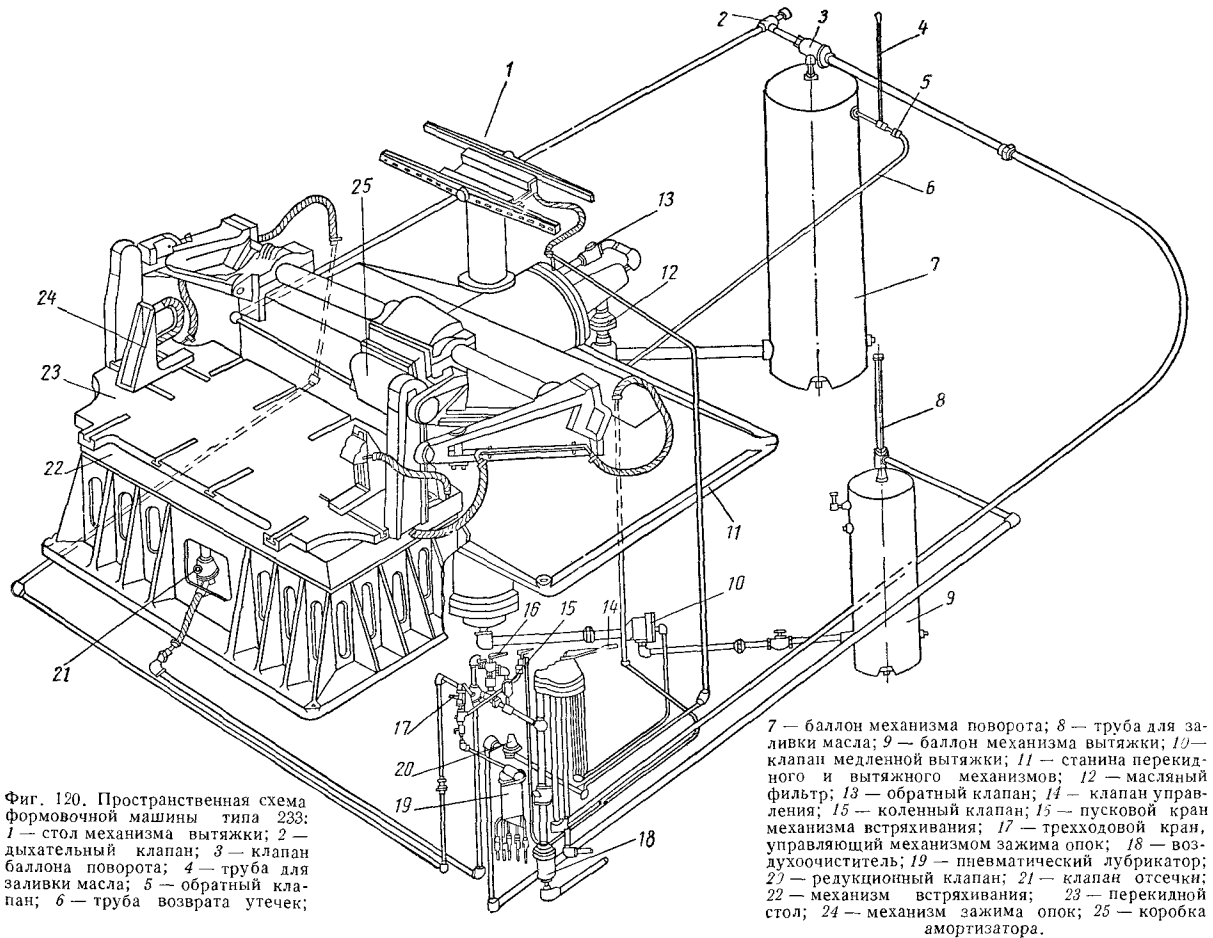
Детали, работающие под давлением сжатого воздуха, должны быть испытаны на герметичность. Испытания на герме-

тичность деталей формовочных машин могут производиться тремя способами:

1) деталь заглушают, ставят манометр, полость детали наполняют сжатым воздухом и наблюдают за падением давления;

2) в деталь наливают керосин, а наружные ее поверхности предварительно окрашивают меловым раствором; по появлению пятен на окрашенной мелом поверхности судят о проницаемости стенок;

3) деталь окрашивают меловым раствором, заглушают и заполняют ее жидкостью (керосином, маслом) и с помощью насоса создают давление во внутренней полости; наблюдая за поверхностью детали, определяют проницаемость ее стенок.



Машины типа ВФ-12, ВФ-13, 232 и 233 относятся к пневматическим встряхивающим формовочным машинам, работающим без подпрессовки, с поворотом стола и вытяжкой модели.

Машины этой конструкции имеют следующие основные механизмы:

1) встряхивающий механизм, работающий от сжатого воздуха, обеспечивающий уплотнение путем встряхивания формовочной смеси;

2) перекидной механизм, приводимый в движение маслом, назначением которого является поворачивать отформованную опору на 180° ;

3) вытяжной механизм, работающий от масляной системы, опускающий отформованную опору на рольганг.

Пространственная схема формовочной машины типа 233 приведена на фиг. 120.

Ремонт встряхивающего механизма. Нормально работающий встряхивающий механизм (фиг. 121) должен обеспечивать:

1) четкие и чистые удары при нагрузке механизма соответственно его номинальной грузоподъемности;

2) уплотнение формовочной смеси без смещения ее в одну сторону в процессе встряхивания;

3) нормальную и равномерную по всей площади формы плотность ее набивки;

4) отсутствие в форме трещин.

Чтобы достичь нормальной работы встряхивающего механизма, при ремонте необходимо руководствоваться следующими основными техническими условиями:

1) стол встряхивающего механизма должен быть прямолинейным, отклонения от прямолинейности могут быть допущены не более $0,5 \text{ мм}$ на всю длину стола;

2) ударные поверхности стальных буферов амортизирующего устройства или ударных плоскостей плит в конструкции без буферов должны лежать в одной плоскости; допускается отклонение не более $0,1 \text{ мм}$;

3) зазор между направляющими планками и столом должен быть в пределах $0,1-0,2 \text{ мм}$;

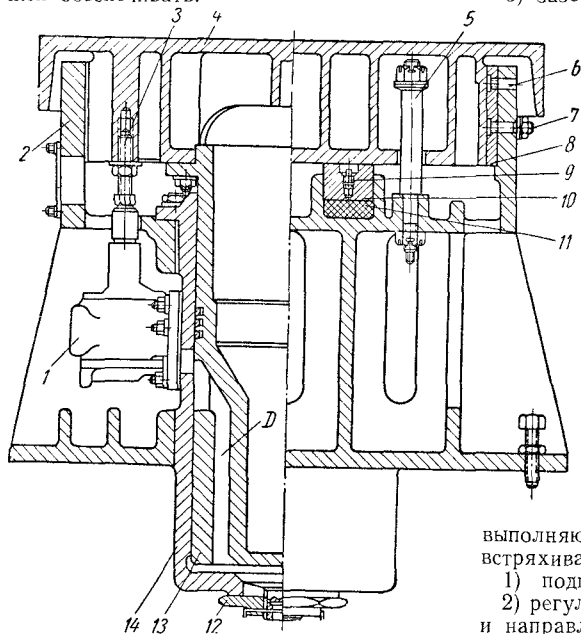
4) клапан отсечки должен быть отрегулирован соответственно весу формируемых опор.

Для получения повышенного уплотнения смеси, что бывает необходимо при заливке стали некоторых сортов, увеличивают жесткость резиновых амортизаторов. Жесткость амортизаторов может быть повышена уменьшением их высоты с соответствующим увеличением высоты стальных буферов или заменой резиновых амортизаторов деревянными или изготовленными из древесно-слоистых пластиков (ДСП).

Основными операциями, выполняющимися при текущем ремонте встряхивающего механизма, являются:

- 1) подгонка плоскостей буферов;
- 2) регулирование зазоров между столом и направляющими планками;
- 3) исправление ударных плоскостей встряхивающего стола;
- 4) смена поршневых колец;
- 5) замена поршня.

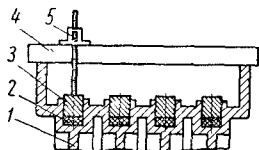
Пригонка буферов производится следующим образом. Стол поднимают, на каждый буфер кладут свинцовую проволоку диаметром $1,5 \text{ мм}$, затем стол опу-



Фиг. 121. Механизм встряхивания машины типа 233: 1 — клапан отсечки; 2 — станина; 3 — болт, регулирующий частоту ударов; 4 — стол; 5 — ограничитель подъема стола; 6 — штифты направляющих планок; 7 — болт крепления планок; 8 — направляющие планки; 9 — винт-пробка; 10 — стальные буферы; 11 — резиновые амортизаторы; 12 — гайка крепления пробки, закрывающей нижнее отверстие цилиндра; 13 — поршень; 14 — цилиндр; D — воздушный канал.

скают на буферы ударом с высоты около 50 мм, вновь поднимают стол, измеряют и надписывают на каждом буфере толщину проволоки, получившуюся после расплющивания. После этого по произведенным таким образом замерам подбирают и подкладывают под низко сидящие буферы стальные подкладки или протачивают выступающие буферы по наиболее низко сидящим, затем покрывают толстым слоем краски поверхности стола и кладут его на буферы. По полученным отпечаткам ведут окончательную пригонку буферов по высоте.

Если есть уверенность в том, что верхний обрез станины обработан правильно, а ударная плоскость стола исправляется механической обработкой, пригонку высоты буферов можно вести с помощью глубиномера, измеряя расстояния от обреза станины до верхней плоскости буфера (фиг. 122). При такой проверке нет необ-



Фиг. 122. Проверка высоты буферов от верхнего обреза станины: 1 — станина; 2 — амортизатор; 3 — буфер; 4 — поверочная линейка; 5 — глубиномер.

ходимости прибегать к сплющиванию проволоки, но проверку на краску производить необходимо.

Для регулировки направляющих планок ослабляют крепление их, затем под каждую планку кладут свинцовую проволоку диаметром 1,5—2 мм и планку слегка притягивают к станине, после чего опускают стол на место. Если стол не опускается, шупом проверяют, какая из планок удерживает стол, и подтягивают эту планку. Затем осматривают проволоки и подбирают подкладки из латуни или стали, имеющие толщину на 0,1—0,2 мм меньше толщины сплюсненной проволоки. Прокладки ставят под соответствующие направляющие планки. При пригонке планок надо учесть необходимость обеспечить равномерный зазор между поршнем и цилиндром. После того как планки отрегулированы, стол должен опускаться легко, без задержек и перекосов.

Деформацию ударных плоскостей стола исправляют механической обработкой

(строганием, фрезерованием) до получения прямолинейности.

Замена поршня производится при возникновении зазоров между поршнем и цилиндром, указанных в табл. 25.

25. Предельные величины зазоров между поршнем и цилиндром формовочной машины

Грузо-подъемность машины в т	Зазор в мм
Св. 4	2,5
2—4	2
1—2	1,5

26. Нормальные зазоры между дном цилиндра и поршнем

Грузо-подъемность машины в т	Величина зазора в мм
≤ 2	10—13
2—4	18—23
≥ 4	23—26

При замене поршня необходимо следить за обеспечением перпендикулярности оси поршня к ударной поверхности стола. Проверка ведется в два приема. Сперва проверяется параллельность нижней и верхней обработанной части стола, затем на нижнюю обработанную плоскость ставится угольник или контрольный куб и с помощью мерных плиток проверяется перпендикулярность поршня столу в двух плоскостях: вдоль длинной, а затем и вдоль короткой оси стола. Неперпендикулярность допускается до 0,5 мм на всю длину поршня. При замене поршня или цилиндра должен быть обеспечен нормальный зазор между дном цилиндра и нижним торцом поршня (табл. 26).

При нарушении нормальных зазоров из-за износа буферов и амортизаторов возможен удар поршня о дно цилиндра.

Замена поршневых колец производится при следующих зазорах: между кольцом и цилиндром на дуге не более $\frac{1}{3}$ окружности 0,1 мм; между торцом кольца и стенкой кольцевой канавки поршня 0,3 мм; в стыке замка 3 мм.

При всех операциях, связанных с необходимостью несколько раз снимать и устанавливать стол с поршнем, стол следует подвешивать к крану с помощью балансирующего устройства, облегчающего манипуляции с ним.

При капитальном ремонте формовочных машин данного типа ремонтные работы по восстановлению встраивающегося механизма обычно заключаются:

1) в восстановлении нормального сопряжения поршня с цилиндром путем замены одной из этих деталей или обеих новыми;

27. Возможные неполадки в работе встряхивающего механизма формовочных машин ВФ-12, ВФ-13, 232 и 233 и их причины

Неполадки	Возможные причины
При включении механизма нет встряхивания стола	а) Засорены или повреждены коммуникации сжатого воздуха; б) низкое давление в сети сжатого воздуха; в) нарушено соединение воздухопровода с клапаном; г) прорвалась прокладка между клапаном отсечки и цилиндром; д) зазор между поршнем и цилиндром мал (меньше зазора для ходовой посадки 3-го класса точности); е) мал зазор между направляющими планками и столом; ж) между столом и направляющими планками попала земля; з) из-за отсутствия смазки произошло заедание между направляющими планками и столом; и) засорился клапан отсечки; к) манжета клапана слишком слаба или слишком туга
Неравномерная набивка формы и расхождение земли при встряхивании	а) Нарушено правильное прилегание стола к буферам вследствие деформации резиновых амортизаторов; б) при замене резиновых амортизаторов установлены амортизаторы разной твердости или разной высоты; в) контактная плоскость стола, ударяющая по буферам, деформировалась вследствие износа; г) нарушилась упругая подушка под станиной механизма (дерево, прорезиненная лента); д) частично разрушился бетонный фундамент под механизмом; е) оторвались или ослабли шпильки крепления поршня со столом; ж) механизм имеет перекосы; з) стол, поднимаясь, ударяется о шпильки ограничения хода; и) деформирован стол встряхивающего механизма или стол перекидного механизма, или оба стола; к) под станину механизма попала формовочная смесь; л) нарушен нормальный зазор между стойкой перекидного стола и замками; м) увеличился или слишком мал зазор между столом и направляющими планками
Смесь недостаточно уплотняется	а) Стойки перекидного стола трут о плоскости замков; б) слишком мягкие резиновые амортизаторы; в) велика толщина амортизирующей подушки под станиной механизма; г) не отрегулирован клапан отсечки (слишком мало пространство между нижней крышкой и двухседельным клапаном); д) малый подъем стола из-за неотрегулированности зазора между регулирующим болтом стола и скалкой клапана отсечки; е) сломалось кольцо поршня встряхивания; ж) малы зазоры между поршнем и цилиндром или между направляющими планками и столом; з) стол при подъеме ударяется об ограничитель подъема
Смесь уплотняется чрезмерно	а) Слишком жесткие резиновые амортизаторы; б) чрезмерное давление воздуха в сети; в) не отрегулирован клапан отсечки; пространство между нижней крышкой и двухседельным клапаном чрезмерно велико

2) в замене стола новым;

3) в восстановлении буферного устройства путем исправления гнезд в станине, если это необходимо, и замене буферов и амортизаторов;

4) при необходимости в исправлении верхнего обреза станины и подошвы;

5) в замене направляющих планок новыми.

Направляющие поверхности нового сто-

ла и поверхности направляющих планок взаимно приабриваются до получения двух-трех пятен в квадрате со стороной 25 мм.

Отремонтированный встряхивающий механизм устанавливается на фундаменте строго по уровню* и должен быть про-

* О ремонте фундаментов формовочных машин см. в гл. VII „Изготовление и ремонт фундаментов для оборудования“, стр. 1053.

верен с помощью монеты или горсти земли, насыпанной на стол.

Механизм должен работать четко. Удары должны быть чистые, резкие. Стол при подъеме не должен ударять в буферы ограничителя.

Жесткость ударов регулируется с помощью клапана отсечки. Чем больше воздуха впускает клапан под поршень, тем жестче удар.

Количество впускаемого под поршень воздуха регулируется следующим образом. Сняв нижнюю крышку клапана отсечки и подложив прокладки между крышкой и корпусом, увеличивают сечение, через которое проходит сжатый воздух под поршень. Чем больше подкладок, тем жестче удар, и наоборот.

Высоту подъема стола регулируют винчиванием или винчиванием упора встряхивающего стола. Нормальным считается зазор между упором и клапаном отсечки 3—10 мм.

При работе механизма с грузом не должно быть заедания в направляющих. После 1 часа работы механизма под нагрузкой следует проверить наличие смазки в цилиндре и на направляющих, отсутствие задиrow и царапин, величину зазоров между столом и направляющими планками.

При эксплуатации встряхивающих формовочных машин иногда возникает явление, называемое в практике отбоям, заключающееся в смещении формовочной смеси в одну сторону. Причиной появления отбоя обычно является нарушение правильного положения плоскостей направляющих планок, ударной плоскости стальных буферов и оси поршня вследствие износа или неправильной механической обработки станины.

Если отбой возникает в процессе эксплуатации машины и она не может быть немедленно остановлена для ремонта, допустимо прибегнуть к следующему способу временного исправления этого дефекта в работе машины.

Устанавливают направление смещения формовочной земли, для чего на стол встряхивающего механизма кладется монета или насыпается горсть земли и включается механизм встряхивания. При наличии отбоя монета или земля будет смещаться в определенном направлении. Повторив 2—3 раза такую проверку и уточнив направление смещения земли, поднимают встряхивающий стол и подкладывают металлические подкладки под стальные буферы. Подкладки подбирают, руководствуясь следующим: наибольшей тол-

щины подкладки должны быть подложены под буферы, наиболее удаленные от центра (по направлению смещения земли); по мере приближения к центру размер подкладок уменьшается. Таким образом искусственно создается наклон плоскости буферов в нужном направлении. Указанный способ устранения отбоя допустим как временная мера, обеспечивающая поддержание работоспособности машины до ближайшего выходного дня.

Ремонт перекидного механизма. Перекидной механизм должен обеспечивать:

1) плавный отрыв подмодельного стола от стола встряхивающего механизма;

2) поворот подмодельного стола на 180° без перекосов его в продольном и поперечном направлениях;

3) останова подмодельного стола в перевернутом положении без рывков и сотрясений;

4) возврат подмодельного стола в исходное положение с необходимой скоростью и замедлением в момент касания стола встряхивающего механизма;

5) сохранение между стойками и замками зазора, достаточного для беспрепятственного встряхивания подмодельного стола (около 0,5—1 мм).

Между плановыми ремонтами перекидного механизма чаще всего приходится осуществлять такие ремонтные операции:

1) заменять манжеты поршня;

2) заменять лопнувшие амортизаторные пружины;

3) заменять уплотнительные подкладки между крышками и станиной;

4) заменять буфер рычага и пружины буферного устройства;

5) заменять втулки рычагов и тяг;

6) заменять стойки и замки.

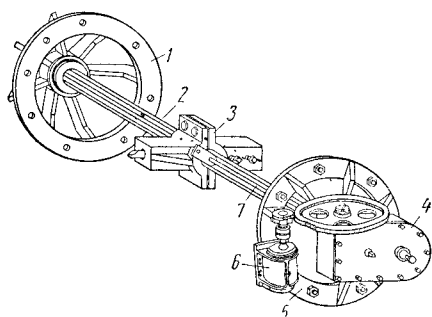
При замене лопнувших амортизаторных пружин необходимо, чтобы высота замененных пружин равнялась высоте оставленных.

При замене буфера и пружины рычага должно проверяться положение подмодельного стола; в момент окончания поворота производится регулировка буферов.

Стойка и замок должны взаимно пригоняться по клиновым поверхностям. Предварительно обработанную стойку скрепляют с подмодельным столом для увязки положения стойки с положением рычажной системы.

После установления необходимых зазоров на стойку переносят положение крепежных отверстий и заканчивают ее механическую обработку.

При капитальном ремонте перекидного механизма в случае отсутствия расточного станка для исправления цилиндра может быть использовано переносное расточное приспособление (фиг. 123), позволяющее исправить форму цилиндра на месте ремонта.



Фиг. 123. Приспособление для расточки цилиндра: 1—фланец крепления; 2—борштанга; 3—резцедержатель; 4—коробка подач; 5—фланец крепления; 6—мотор; 7—винт подачи.

Заливку баббитом опор вала поворота целесообразно производить следующим образом. Собрав поршень, шатун и серьгу, устанавливают вал поворота на узкие полоски свинца, укладываемые в крайние опоры вала, затем надевают серьгу на центральный квадрат вала, выравнявая при этом вал на свинцовых подкладках так, чтобы серьга без перекосов охватила квадрат вала. Когда это достигнуто, положение вала проверяется дополнительно с помощью рейсмуса от плоскостей разъема подшипников. Затем уплотняют зазоры у торцов опор и заливают опоры баббитом.

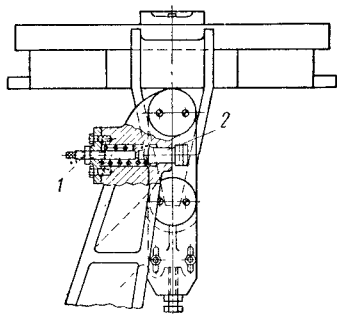
Заливка баббитом подшипников поворотного вала компенсирует неточности обработки и сборки станины поворотного механизма и его деталей. Однако технология заливки подшипников вала достаточно сложна и трудоемка, а поэтому при наличии возможности произвести с необходимой точностью расточку отверстий в подшипниках, обеспечив взаимную перпендикулярность оси подшипников и цилиндры поворота, целесообразно отказаться от фирменного исполнения опор и вместо заливки их баббитом установить вкладыши из бронзы, антифрикционного чугуна или ДСП. Такая переделка значительно облегчает в дальнейшем ремонт, сводя работу по исправлению износившихся опор к замене изношенных вкладышей новыми.

Баббитовую заливку и вкладыши шабрет по валу, затем монтируют вал и, вращая его, проверяют, правильно ли перемещается поршень в цилиндре. Если поршень располагается в крайних точках правильно и зазор между цилиндром и поршнем нормальный, полость станины закрывают, после чего собранный перекидной механизм проверяется и регулируется.

В табл. 28 приведены основные требования к сопряжениям узлов перекидного механизма и способы регулирования, обеспечивающие выполнение этих требований.

Окончательная проверка работы перекидного механизма производится следующим образом:

- 1) включают воздух в механизм поворота; рычаги приводят в движение и наблюдают за моментом схватывания замков; оба замка должны схватывать стойки одновременно;
- 2) поднимают подмодельный стол на 10—20 мм от встраивающего стола, ставят на него уровень и проверяют наличие перекоса подмодельного стола в продольном направлении; перекося не должен превышать $0^{\circ}20'$;
- 3) продолжают операцию поворота и наблюдают за подмодельным столом; стол не должен деформироваться;
- 4) доводят поворот подмодельного стола до крайнего положения и наблюдают за ходом поворота; замки (фиг. 124) после-

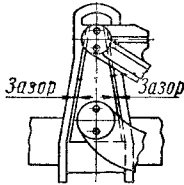
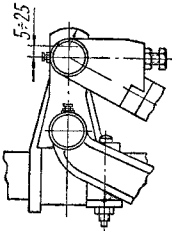
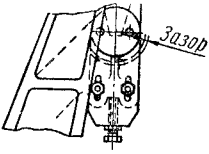
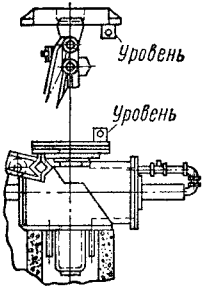


Фиг. 124. Положение подмодельного стола по окончании поворота.

соприкосновения с буферными пальцами рычагов 2 не должны производить удара буферных пальцев о винты упоров 1; опору при этом не должно встречиваться; замедление поворота при подходе к упорам должно продолжаться не более 3—4 сек.;

5) когда подмодельный стол остановится в перевернутом положении, проверяют

28. Требования к сопряжениям узлов перекидного механизма формовочной машины

Эскизы	Основные требования
	<p>1. Боковые зазоры между клиновыми поверхностями замков и стоек должны быть одинаковыми. Зазоры обеспечиваются:</p> <ol style="list-style-type: none"> поворачиванием эксцентриковых пальцев тяг; регулированием длины поворотных рычагов, если рычаги с винтовыми стяжками
	<p>2. Центр окружности верхней цапфы должен быть ниже центра окружности, по которой обработана верхняя часть стойки, на 5—25 мм (в зависимости от грузоподъемности машины), что обеспечивается:</p> <ol style="list-style-type: none"> подниманием станины перекидного механизма; заменой или переустановкой стоек подмодельного стола
	<p>3. Зазор между колодками, запирающими замки, и стойками должен быть 0,1 мм. Нормальный зазор обеспечивается установкой колодок с соответствующим их закреплением</p>
	<p>4. Подмодельный стол должен занимать положение, перпендикулярное к оси поршня механизма вытяжки, что достигается соответствующей установкой буферов рычагов поворота</p> <p>5. Скорость поворота не должна превышать нормальную. Нормальная скорость обеспечивается:</p> <ol style="list-style-type: none"> созданием необходимого давления с помощью дыхательного клапана; регулированием положения груши гидроамортизатора; насадкой колец на стержень груши гидроамортизатора

с помощью рамного уровня перпендикулярность стола к поршню вытяжного механизма, для этого уровень прикладывают сначала к кантовальному столу в двух направлениях и записывают отклонения, а затем — к образующей поршня механизма вытяжки (поршень с этой

целью поднимают); отклонения сопоставляются; допускаемые отклонения не более 10°;

б) отвертываются упорные винты в рычагах, ограничивающих перемещение буферных пальцев, при этом стол должен дополнительно повернуться не менее чем на 2°;

29. Возможные неполадки в работе перекидного механизма формовочных машин типа ВФ-12, ВФ-13, 232 и 233 и их причины

Неполадки	Возможные причины
Поворот подмодельного стола происходит очень резко, с ударом	а) Мало масла в баллонах, сжатый воздух попадает в цилиндр механизма поворота; б) поломались амортизационные пружины; в) сломался стержень группы гидроамортизатора; г) большой износ сопряжений шатуна с серьгой, серьги с валом поворота, вала с рычагами
Поворот подмодельного стола происходит очень медленно	а) Низкое давление воздуха; б) слишком вязкое масло; в) засорились фильтры; г) утечка масла или воздуха; д) слишком тугая манжета; е) порвалась манжета; ж) туго затянuty крышки подшипников вала поворота
При опрокидывании подмодельный стол не принимает горизонтального положения	а) Нарушена регулировка буферов рычагов; б) амортизационные пружины при замене плохо отрегулированы и не дают поршню дойти до крайнего положения; в) нарушена регулировка длины тяг
Подмодельный стол при работе механизма встряхивания имеет горизонтальное перемещение или качается	а) Деформирован модельный стол или стол механизма встряхивания; б) увеличился зазор между стойками и замками; в) стойка подмодельного стола при встряхивании садится на один из замков; г) перекосялся механизм встряхивания вследствие неисправности фундамента
Рычаги при работе механизма встряхивания колеблются в такт работе встряхивающего механизма	а) Не отрегулирован зазор по клиновым поверхностям между стойками и замком; б) не отрегулирован зазор между стойками и замками по направляющим плоскостям

7) подмодельный стол в перевернутом положении раскачивают, при этом в замках не должно быть качки более чем на 0,2 мм;

8) при обратном повороте перекидного механизма подмодельный стол не должен ударяться с силой о стол встряхивающего механизма;

9) когда подмодельный стол ложится на встряхивающий стол, между клиновыми плоскостями замка и соответствующими поверхностями стоек должен быть зазор, образующийся за счет того, что центр верхней цапфы замка оказывается ниже на величину Δ центра, из которого описана верхняя окружность стойки (фиг. 125);

10) проверяется при обратном ходе подмо-

дельного стола плотность прилегания корпуса амортизатора к станине и крышки к корпусу; не допускается утечка воздуха в местах прилегания;

11) проверяется воздушный трубопровод на утечку воздуха;

12) проверяется поступление смазки и наличие смазочных устройств.

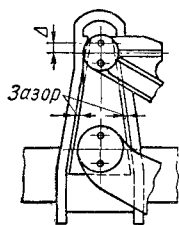
Ремонт вытяжного механизма и уравнительного устройства. Вытяжной механизм с уравнительным устройством должен:

1) обеспечивать плавный подъем поршня механизма, без удара уравнительных брусьев в опоку;

2) обеспечивать правильное положение уравнительных брусьев в момент прижима их к опоке и надежное фиксирование этого положения;

3) осуществлять медленное снятие опок с модельной плиты;

4) осуществлять плавное и быстрое опускание опоки;



Фиг. 125. Зазор между клиновыми плоскостями замков и стоек.

5) обеспечивать плавное замедление движения опоки вниз в конечный момент укладывания ее на рольганг

При текущих и средних ремонтах механизма приходится производить такие работы:

1) править и прострагивать деформировавшиеся уравнильные брусья;

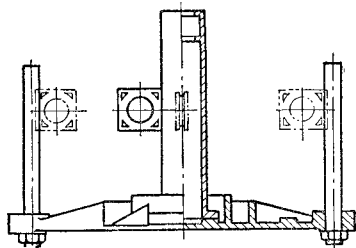
2) исправлять электронаплавкой и обработкой на станках или вручную рабочие поверхности деталей уравнильного устройства, рычагов зажима, колодок, выступов приемного стола;

3) заменять изношенные манжеты поршней зажима уравнильных брусьев;

4) подтягивать сальник и заменять сальники;

5) производить перезаливку подшипников направляющих штоков.

При капитальном ремонте производится полная разборка уравнильного устрой-



Фиг. 126. Проверка правильности монтажа направляющих штоков.

ства и механизма вытяжки. Уравнильное устройство, как правило, заменяется новым.

Приемный стол, представляющий собой стальную отливку, может быть восстановлен наплавкой изношенных поверхностей с последующей их механической обработкой.

У гидравлического замедлителя исправляются изношенные поверхности прилегания тарелки клапана, резьбовые соединения и т. д.

Уравнильный механизм и поршень со столом и с механизмом гидравлического замедлителя собираются в виде готовых узлов.

Собрав узел вытяжного механизма, проверяют параллельность направляющих стержней и оси поршня вытяжного механизма (фиг. 126). Допускается непараллельность до 0,1 мм по всей длине стержней.

Для заливки подшипников баббитом подpiraют стол и, повертывая его, находят

правильное положение. Перед заливкой уплотняют промежуток между подшипником и направляющими с помощью асбестового шнура; замазывают глиной щели и заливают баббит в подшипники. Направляющие стержни предварительно красят меловым раствором. После остывания баббита подшипники разбирают и приступают к их шабренню. Шабрение ведут по стержням, проверяя по краске качество прилегания поверхностей. По окончании шабрения поршень вынимают из цилиндра, надевают на него сальниковое кольцо, а на стержни предохранительные фланцы. Вновь опускают в цилиндр и регулируют натяжку подшипников стержней, набивают сальник, крепят сальниковое кольцо и предохранительные фланцы на подшипниках стержней. Затем к станине крепится цилиндр-колпак вытяжного поршня в сборе с крышкой. К станине и столу вытяжного механизма крепят брезентовый кожух.

На вытяжном столе устанавливаются уравнильные брусья, собранные с поршнями, колодками, рычагами зажима и пружинами. Уравнильные брусья перед монтажом проверяются на прямолинейность. Допускается только вогнутость до 0,3 мм. Для проверки правильности работы механизма вытяжки включают поступление воздуха в цилиндр вытяжного механизма. При этом:

1) поршень вытяжного механизма должен подниматься и опускаться равномерно, без толчков;

2) поршень должен начинать подъем вверх не позже чем через 5 сек. после включения воздуха и опускаться вниз сразу же после поворота рукоятки в положение «Медленная вытяжка»;

3) при включении положения «Вниз быстро» поршень должен опуститься быстро (для машин до 4 т за 10 сек.);

4) при быстром движении вниз не должно быть резкого удара; поршень должен замедлять движение, приближаясь к нижнему крайнему положению;

5) при медленной вытяжке поршень должен опускаться со скоростью 100—200 мм/мин;

6) уравнильные брусья, упираясь в опоку, должны застено сжимать пружины, но под модельный стол при этом деформироваться не должны;

7) уравнильные брусья должны зажиматься очень прочно.

Надежность зажима брусьев проверяется грузом, равным 0,6 грузоподъемности машины, ширина которого соответствует

30. Возможные неполадки в работе вытяжного механизма формовочных машин типа ВФ-12, ВФ-13, 232 и 233 и их причины

Неполадки	Возможные причины
Уравнительные брусья с силой удаляют в опоку	а) Не отрегулирован редукционный клапан; б) слишком туго набит сальник; поршень поднимается рывками; в) мало масла в баллоне; в цилиндр проник воздух
Уравнительные брусья неплотно прилегают к поверхности	а) Уравнительные брусья деформированы; б) уравнительные брусья потеряли жесткость; в) пружины уравнительных брусьев не соответствуют весу опоки
Уравнительные брусья не фиксируются или фиксируются недостаточно надежно	а) Малое давление воздуха в сети; б) износ рабочих поверхностей рычагов зажима уравнительных брусьев, колодок или выступов приемного стола; в) утечки в воздухоподводящей системе или в цилиндрах уравнительных брусьев; г) износ или разрыв манжеты уравнительных брусьев
Поршень перемещается замедленно, а при включении замедленной вытяжки вовсе не перемещается	Слишком вязкое масло
Замедленная вытяжка не происходит	а) Неисправен клапан медленной вытяжки; б) нарушен воздухопровод, включающий клапан медленной вытяжки
Поршень перемещается вверх и вниз замедленно	а) Слишком тугой сальник; б) слишком туго затянуты крышки подшипников направляющих штоков; в) искривлены направляющие штоки; г) слабое давление воздуха в сети или неисправен воздухопровод; д) густое масло
Нет замедления движения в конце рабочего хода поршня	а) Нарушение узла гидравлического замедлителя; б) износились поверхности прилегания тарелки клапана; в) отломился стержень тарелки клапана

ширине между брусьями. Груз кладется на край брусьев. Брусья при этом не должны изменять положения, которое они заняли в момент зажима.

Машины типа ВФ-17, 265 и 266 (фиг. 127) относятся к встряхивающим пневматическим формовочным машинам, работающим без амортизации ударов, с подпрессовкой формовочной земли и протяжкой модели. Формовочная земля вокруг модели уплотняется при встряхивании стола машины. По окончании процесса встряхивания опока с силой прижимается к траверсе, чем достигается подпрессовка формовочной земли в верхней части опоки. После подпрессовки опока задерживается в верхнем положении, а модель опускается вниз вместе со столом машины.

В промышленности работает значительное число машин данного типа различных годов выпуска. Конструктивным изме-

нениям подвергались главным образом следующие узлы этих машин.

В машинах первых выпусков удерживающие рамки осуществлялось при помощи собачки, заскакивающей в соответствующие зубцы на задерживающих штоках. В моделях более позднего выпуска штоки удерживаются поршнями, под которые подводится сжатый воздух, или с помощью масла, перекачиваемого из резервуара в пространство под задерживающие штоки. Число штоков в протяжной рамке и их расположение также подвергались изменениям.

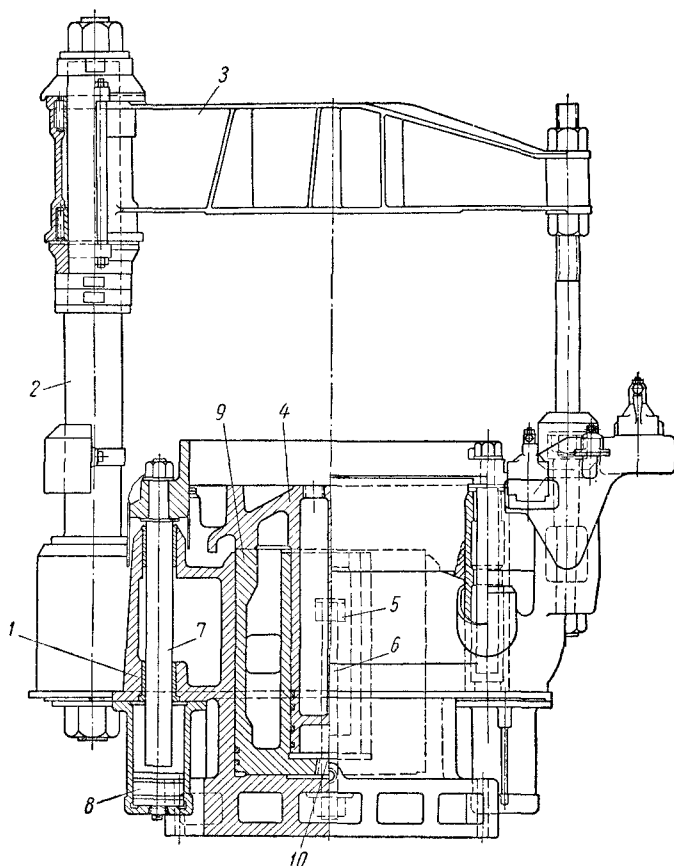
Изменился принцип впуска и выхлопа воздуха в период встряхивания.

В ранних выпусках конструкций сжатый воздух поступал непосредственно от клапана управления в каналы встряхивающего стола, а оттуда через полость поршня встряхивания и питающую трубку

в пространство под встряхивающий поршень. Регулировка силы удара при встряхивании в этих машинах производилась путем подбора сечения и длины питающей трубки. Встряхивающий поршень, поднимаясь, открывал круговые отверстия в прессующем поршне, соединенные с ат-

износа поршневых колец и своевременно заменять их.

Периодически следует осматривать состояние ударных поверхностей встряхивающего стола и прессового поршня. Нарушение правильности этих поверхностей ведет к плохой набивке форм. Ударные



Фиг. 127. Машина типа 265 и 266: 1 — станина; 2 — колонна; 3 — траверса; 4 — поршень встряхивающего механизма со столом; 5 — гайка, ограничивающая ход прессового поршня; 6 — ограничивающий шток; 7 — задерживающий шток; 8 — поршень задерживающего штока; 9 — прессовой поршень; 10 — пробка, закрывающая полость прессового поршня.

мосферой. Таким образом происходил выхлоп.

В более поздних конструкциях установлен клапан отсечки, регулирующий подачу воздуха под встряхивающий поршень и выхлоп воздуха в атмосферу.

В процессе эксплуатации машин необходимо следить за целостностью и степенью

поверхности прессового и встряхивающего поршней исправляют проточкой. При проточке необходимо руководствоваться следующим:

1) снимать минимальный слой металла с ударных поверхностей, установив детали строго по соответствующим цилиндрическим поверхностям:

2) при проточке ударной поверхности встряхивающего поршня протачивать нижний торец поршня на такую же величину, чтобы избежать упора торца в дно цилиндра;

3) при проточке ударной поверхности прессового поршня проверить, не будет ли ударная плоскость поршня утопать в станине, если это имеет место, следует подложить под прессовый поршень подкладку соответствующей толщины, укрепив ее к станине.

Если замечается ослабление усилия подпрессовки, должны заменяться резиновые кольца, уплотняющие соединение прессового поршня с цилиндром.

Резьбовые соединения штоков, ограничивающих ход прессового поршня, необходимо осматривать периодически. Нарушение этих соединений может вызвать выбрасывание всей подвижной системы из станины. Пробки, закрывающие полости прессового поршня, могут вывинчиваться, что приводит к ударам встряхивающего поршня по пробкам и вызывает нарушение работы машины. Вывинчивание пробки, в которую вставляется питающая трубка, вызывает нарушение работы машины в силу того, что отсечка выхлопа при этом отсутствует.

Износ ударных поверхностей штоков и буртов втулок ведет к браку форм; необходимо следить за износом ударных поверхностей этих деталей, своевременно заменяя втулки и кольца штоков.

31. Наибольшие допускаемые величины износа и зазоров в соединениях машины типа 266 из-за износа

Наименование	Наибольшая допустимая величина зазора в мм
Износ цилиндра встряхивающего и прессующего поршней	0,9
Зазор между поршнями и цилиндрами	1,1
Износ кольцевой выточки в поршне под поршневые кольца по ширине	0,6

Причиной брака при формовке нередко является износ штоков и втулок направляющих и задерживающих штоков.

Максимально допускаемые величины износа и зазоров указаны в табл. 31.

При капитальном ремонте стараются сохранить станину и встряхивающий поршень, представляющий собой вместе со столом сложную стальную отливку, в связи с чем обычно заменяют прессовый поршень, который изготавливают по ремонтным размерам.

При сборке машины необходимо обращать внимание на то, чтобы верхний торец прессового поршня выступал над станиной, в противном случае ударная плоскость встряхивающего поршня будет бить по станине.

При сборке ограничителей подъема прессового поршня высота подъема поршня должна быть отрегулирована так, чтобы при подпрессовке поршень не доходил до своего верхнего крайнего положения.

Установив встряхивающий поршень со столом, проверяют при помощи щупа правильность прилегания ударных плоскостей встряхивающего и прессующего поршней (отсутствие перекоса в месте прилегания ударных плоскостей). Установив рамку со штоком, проверяют правильность положения штоков. Рамка должна легко опускаться и плавно подниматься.

После сборки встряхивающего механизма его испытывают указанным выше способом с помощью монеты, а затем формованием детали. При этом машина должна хорошо уплотнять землю в опоке и не давать сдвига земли и трещин.

Регулировку машины в процессе испытания следует производить подбором питающей трубки или регулировкой клапана отсечки.

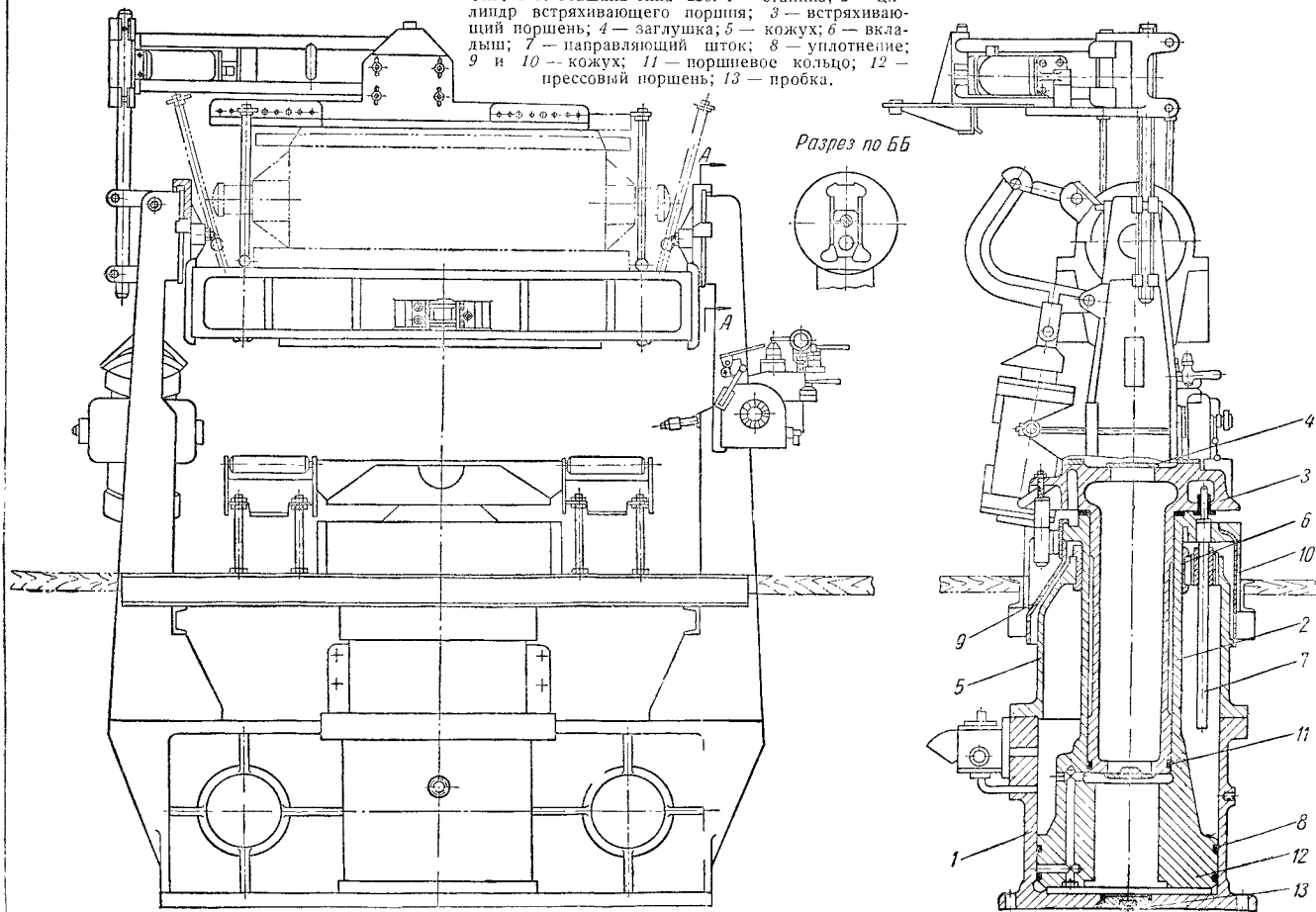
Машины типа ВФ-9, ВФ-10, 253, 254 и 255 (фиг. 128) относятся к встряхивающим пневматическим формовочным машинам с поворотной плитой. Эти машины обеспечивают уплотнение смеси вокруг модели в процессе встряхивания, уплотнение земли в верхней части опоки прессованием и вытяжку модели.

Машины состоят из следующих основных узлов: встряхивающего и прессующего механизмов, смонтированных в станине машины; поворотного механизма, рольганга, вибратора и скребка.

У машин раннего выпуска отсутствует клапан отсечки; прессовый поршень и цилиндр встряхивающего поршня выполнены как две отдельные детали, скрепленные между собой болтами.

В табл. 33 указаны наибольшие допускаемые величины износа отдельных соединений машины.

Фиг. 128. Машина тила 255: 1 — станина; 2 — цилиндр встраивающего поршня; 3 — встраивающий поршень; 4 — заглушка; 5 — кожух; 6 — вкладыш; 7 — направляющий шток; 8 — уплотнение; 9 и 10 — кожух; 11 — поршневое кольцо; 12 — прессовый поршень; 13 — пробка.



32. Возможные неполадки в работе формовочных машин типа ВФ-17, 265 и 266 и их причины

Неполадки	Возможные причины
Машина плохо уплотняет смесь	а) Износились поршневые кольца поршня механизма встряхивания; б) износились поверхности встряхивающего поршня и цилиндра; в) сечение и длина питающей трубки не соответствуют весу формы; г) ослабла пробка питающей трубки; д) ослабла или вырвана пробка в дне прессового поршня; е) ослабла верхняя пробка полости прессующего поршня; ж) разрушился верхний слой фундамента
Земля смещается в опоке (отбой)	а) Вывернулась резьбовая пробка, закрывающая полость в прессовом поршне; удары встряхивающего стола происходят по поверхности выступающей пробки; б) просачивается воздух в пространство под поршни задерживающих штоков; рамка находится в состоянии безразличного равновесия и совершает колебательные движения во время встряхивания; в) ослабилось крепление подмодельной плиты; г) вследствие износа торцов втулок направляющих штоков рамка ударяет о втулку задерживающих штоков, что вызывает вибрацию рамки; д) машина установлена не по уровню
Срывается форма при выемке модели	а) Износились втулки направляющих штоков или износились штоки; рамка перекашивается; б) неравномерно опускаются поршни задерживающих штоков (износ колец, цилиндра, поршня, плохая смазка поршней); в) износ задерживающих штоков и втулок; г) изношены рабочие поверхности прессового поршня или цилиндра
Встряхивания не происходит; встряхивающий поршень не опускается; из выходного отверстия выходит воздух	Вывернулась (сорвалась) пробка питающей трубки
При включении встряхивания поднимается подпрессовочный поршень	Вывернулась пробка в дне прессового поршня
Подвижная система выбрасывается из станины при включении прессового поршня	Сорвались гайки штоков, удерживающих прессовый поршень, вследствие резкого включения поршня или износа резьбы
Протяжная рама не удерживается при включении	Образовался зазор в месте стыка картера механизма удержания рамы со станиной

При сборке машины необходимо учитывать следующее:

1) встряхивающий поршень 3 (фиг. 128) для нормальной работы машины должен соприкоснуться с цилиндром в верхней части; между нижним торцом встряхивающего поршня и прессовым поршнем должен быть обеспечен зазор;

2) прессовый поршень 12 при нахождении машины в состоянии покоя должен лежать на опорных секторах цилиндра; недопустимо, чтобы подвижная система

оказывалась навесу из-за того, что цилиндр встряхивающего поршня упирается буртом в верхний торец вкладыша;

3) расстояние от торца прессового поршня до горизонтального канала в нем должно быть строго определенным, равным чертежному размеру;

4) вертикальный воздушный канал в цилиндре встряхивающего поршня должен совпадать с соответствующим каналом в прессовом поршне;

33. Наибольшие допускаемые величины зазоров вследствие износа в сочленениях машины типа 254

Характер зазора	Наибольшая допускаемая величина в мм
Зазор между направляющим штоком и втулкой	0,5
Зазор между щеками поворотного стола и щеками стоек	3,0
Износ цилиндров встряхивающего и прессующего поршней	1,1
Зазор между встряхивающим поршнем и цилиндром	1,15
Зазор между прессующим поршнем и цилиндром	1,2
Износ кольцевой выточки в поршне под поршневые кольца по ширине	0,6
Ударные поверхности поворотного стола должны быть прямолинейны	0,2
Ударные поверхности поворотного стола должны прилегать к ударной плоскости встряхивающего поршня	0,3

5) ось отверстия под направляющий шток во встряхивающем поршне должна совпадать с осями соответствующих отверстий в кожухе и цилиндре при обязательном условии совпадения горизонтальных каналов в поршне и в цилиндре;

6) расстояние от нижнего торца кожуха (ударная плоскость) до горизонтальных каналов в станине должно после ремонта оставаться неизменным (равным первоначальному расстоянию);

7) расстояние между щеками стоек должно оставаться неизменным (равным первоначальному);

8) ось вращения поворотного стола должна быть строго перпендикулярна направлению движения системы встряхивающего и прессующего механизмов.

Если при вытяжке подвижная система опускается слишком медленно или слишком быстро, регулируют сечение отверстия выхлопного клапана. Скорость поворота стола регулируется при помощи винта в корпусе клапана управления.

34. Возможные неполадки в работе машин типа ВФ-9, ВФ-10, 253, 254 и 255 и их причины

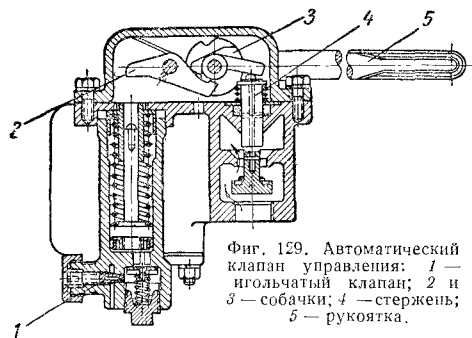
Неполадки	Возможные причины
При включении воздуха подвижная система не поднимается	Повреждение трубопровода
При включении машины подвижная система поднимается, но встряхивания не происходит	а) Вывернулась или вырвана давлением игла, регулирующая поступление воздуха под встряхивающий поршень; б) прорвало прокладку между прессовым поршнем и цилиндром встряхивающего поршня; в) вырвало пробки горизонтальных каналов в станине
При встряхивании машина дает слабые удары	а) Износились или сломаны поршневые кольца встряхивающего поршня; б) сильно изношены поверхности прилегания прессового поршня к кожуху на одной из прилегающих деталей или на обеих, вследствие чего встречающиеся каналы в станине и прессовом поршне недостаточно совпадают; в) увеличился вследствие износа зазор между встряхивающим поршнем и цилиндром; г) сильно износился направляющий стержень или втулка в кожухе, вследствие чего происходит поворот встряхивающего поршня относительно цилиндра и каналы взаимно смещаются; д) не отрегулирован клапан отсечки
Неравномерно уплотняется смесь в форме; форма повреждается при вытяжке	а) Подвижная система имеет поперечное смещение вследствие износа вкладышей кожуха и наружной поверхности цилиндра встряхивания; б) подвижная система перекошена; в) поворотный стол имеет значительный зазор между щеками стоек; г) износились направляющие ползуны или оси поворота стола; д) ударные плоскости поворотного стола или встряхивающего поршня износились
Стол в процессе встряхивания поднимается слишком высоко или недостаточно высоко	Не отрегулирован болт, нажимающий на золотник переключения клапана отсечки

Плавность остановки стола в крайних точках поворота регулируется дроссельными винтами, установленными в воздушных каналах цилиндра механизма поворота против крайних положений поршней. Аналогично регулируется скорость поворота скребка.

Высота подъема стола при встряхивании регулируется упором, ввинченным в тело стола, аналогично тому как это делается при регулировке встряхивания машины 233.

Количество воздуха, поступающего в клапан отсечки, регулируется краном, установленным перед клапаном отсечки.

Ремонт мелких узлов, арматуры и воздухо-маслопроводов формовочных машин. Автоматический клапан управления. В клапане (фиг. 129) изна-



Фиг. 129. Автоматический клапан управления: 1 — игольчатый клапан; 2 и 3 — собачки; 4 — стержень; 5 — рукоятка.

шиваются собачки, впускной стержень, игольчатый клапан. Эти детали при капитальном ремонте следует заменять новыми. Заменяются все уплотнения. Игольчатый клапан притирают по его седлу.

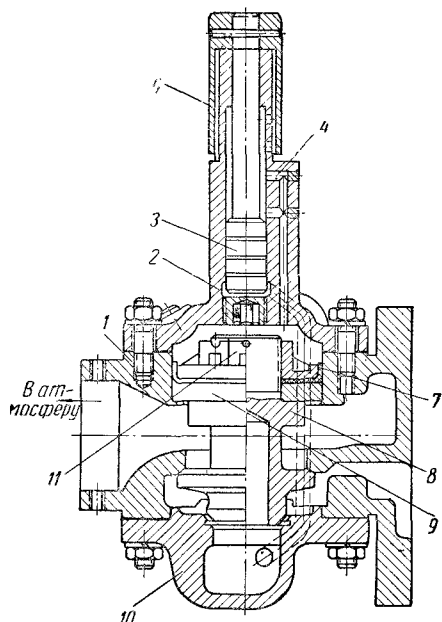
Отверстие в головке 2 исправляют развертыванием с последующей притиркой или только притиркой. Плунжер 3 заменяется новым. Плунжер притирается по отверстию в головке. При перемещении он должен присасываться к своему гнезду. Плунжер необходимо установить так, чтобы от его торца до торца пробки выдерживался определенный зазор. Зазор регулируется с помощью колпак 5, для чего плунжер сначала опускают до упора в пробку, а затем, вращая колпак, поднимают его на 3—3,5 мм, засверливают колпак с плунжером и ставят стопорную шпильку.

Все резьбовые соединения просматриваются и ремонтируются. Проверяется плотность заделок горизонтальных каналов пробками 4.

Гнезда клапана в корпусе 1 и крышке 10 исправляются обработкой на станке или вручную специальными конусными развертками.

У клапана 8 протачиваются или исправляются вручную седла, затем клапан тщательно притирается к своим гнездам.

При исправлении гнезд клапана и седел клапана надо учитывать, что слишком большая кольцевая щель между седлом



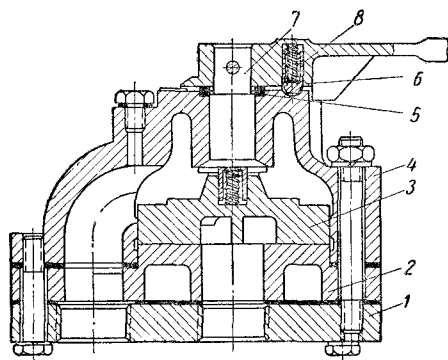
Фиг. 130. Клапан отсечки: 1 — корпус; 2 — головка; 3 — плунжер; 4 и 6 — пробки; 5 — колпак; 7 — манжета; 8 — клапан; 9 — поршень; 10 — крышка; 11 — фасонная гайка.

клапана и крышкой 10 вызывает чрезмерно сильные удары встряхивающего механизма. Поэтому при необходимости снять значительную (более 0,5 мм) стружку с сопрягающихся поверхностей приходится с целью компенсации увеличения кольцевой щели протачивать торец крышки 10 по поверхности, сопрягающейся с корпусом 1. Поршень 9 и манжета 7 заменяются новыми.

Качество сборки клапана проверяется сжатым воздухом в обоих положениях клапана 8 в течение 15 мин. в каждом положении. Притертые поверхности не должны пропускать воздуха. Для проверки заглушают отверстие клапана, ведущее в цилиндр встряхивающего механизма, сто-

порят плунжер 3, зафиксировав его в нижнем положении. Воздух подводят поочередно к штуцеру питания машины, а затем к выхлопному патрубку. В проверяемую полость заливают керосин или масло, следя за появлением пузырьков воздуха.

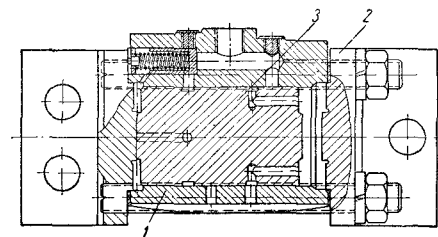
Клапан управления. В клапане (фиг. 131) изнашиваются зеркало



Фиг. 131. Клапан управления: 1 — донышко; 2 — основание; 3 — золотник; 4 — крышка; 5 — уплотнение; 6 — рукоятка; 7 — стержень; 8 — фиксатор.

основания 2, сопряженная с ним плоскость золотника 3 и направляющая часть золотника; деформируется паз в верхней части золотника, в который входит хвостовик стержня 7. В крышке 4 изнашивается отверстие под стержень.

При ремонте необходимо тщательно принабить рабочие поверхности основания и золотника так, чтобы воздух не проникал в зазоры между этими поверхностями.

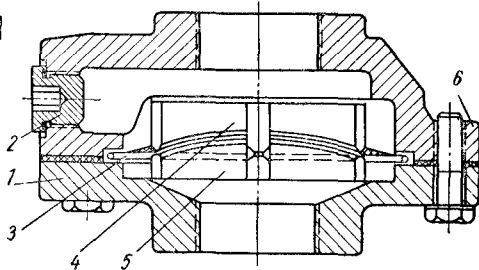


Фиг. 132. Вибратор: 1 — корпус; 2 — крышки; 3 — боек.

Вибратор (фиг. 132). Корпус вибратора нередко оказывается возможным сохранить, исправив форму отверстия в нем. Боек и крышки обычно заменяются новыми. Вибратор испытывается дважды. Первый раз испытание производят без бойка. При этом выхлопные отверстия

заглушают и проверяют плотность сопряжения крышек с корпусом. Затем собирают вибратор и испытывают вторично. Вибратор должен начинать работу немедленно после включения воздуха. Удары вибратора должны быть резкими.

Масляный фильтр (фиг. 133). При ремонте заменяются прокладки и сетка фильтра. Фильтр испытывается под



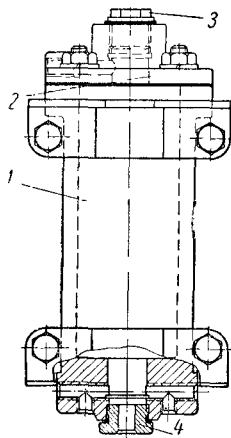
Фиг. 133. Масляный фильтр: 1 — нижняя крышка; 2 — пробка для спуска грязи; 3 — одноконная сетка; 4 — верхняя звездочка; 5 — нижняя звездочка; 6 — корпус.

давлением масла 6 ат. В местах уплотнений не должно просачиваться масло.

Лубрикатор (фиг. 134). У лубрикатора при ремонте заменяются уплотняющие прокладки, проверяются и при необходимости исправляются резьбы. После ремонта лубрикатор испытывают под давлением 6 ат на герметичность, заглушив отверстия.

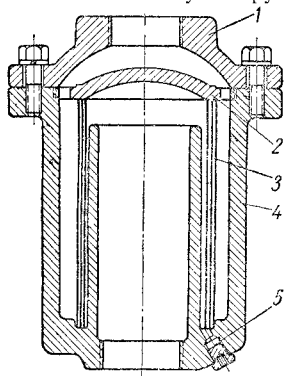
Воздухоочиститель (фиг. 135) при ремонте разбирается, промывается, сетка и прокладки заменяются новыми. После ремонта закрывают выходное отверстие аппарата заглушкой и испытывают его сжатым воздухом под давлением 6 ат на герметичность (воздух не должен просачиваться ни в одно из соединений).

Пусковой кран (фиг. 136). При наличии износа корпуса по отверстию и пробки последняя заменяется новой

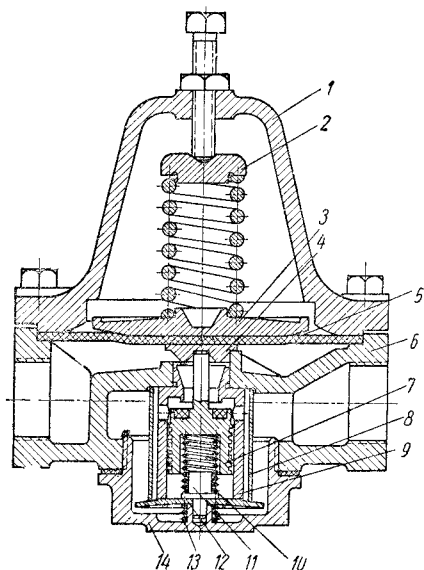


Фиг. 134. Лубрикатор: 1 — корпус; 2 — крышка; 3 — верхняя пробка; 4 — нижняя пробка.

и притирается по конусному отверстию. Упоры для ручки включения зачищаются, а ограничительный выступ на ручке нава-

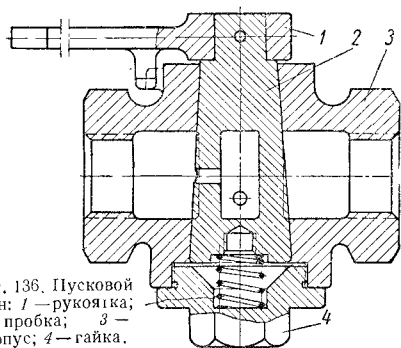


Фиг. 135. Воздухоочиститель: 1 — крышка; 2 — отражатель; 3 — сетка; 4 — корпус; 5 — пробка для спуска грязи.



Фиг. 137. Редукционный клапан: 1 — колпак; 2 — шайба; 3 — тарелка; 4 — нажимная шайба; 5 — диафрагма; 6 — корпус; 7 — золотник; 8 — сетка; 9 — ниппель; 10 — пружина; 11 — направляющий штырь; 12 — тарельчатая пружина; 13 — пружина; 14 — гайка.

ривается и зачищается. Пружина заменяется новой. Кран испытывается сжатым воздухом 6 ат.

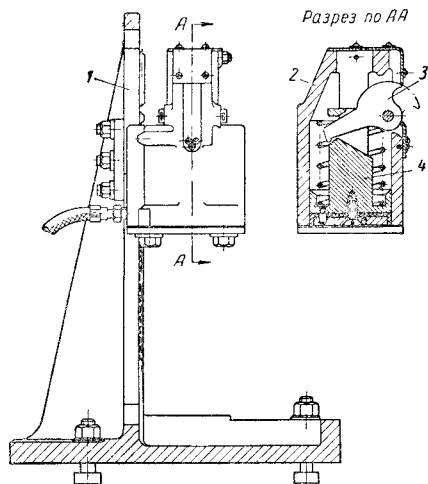


Фиг. 136. Пусковой кран: 1 — рукоятка; 2 — пробка; 3 — корпус; 4 — гайка.

формы. Кронштейн 1, если он имеет отдельные изношенные или выломанные зубья, может быть оставлен старым с на-

Редукционный клапан (фиг. 137). В клапане заменяют диафрагму и все детали в нижней (под диафрагмой) части клапана за исключением ниппеля, в котором при необходимости исправляется внутреннее отверстие (рассточкой или развертыванием). При испытании под давлением клапан должен обеспечивать падение давления до нуля.

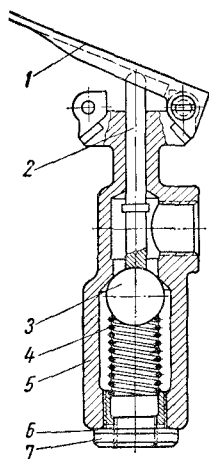
Пневматический зажим опок (фиг. 138). При капитальном ремонте весь механизм зажима заменяется. Корпус зажимной головки 2 обычно оставляют старым, расточив при необходимости цилиндр для исправления его геометрической



Фиг. 138. Пневматический зажим опок: 1 — кронштейн; 2 — корпус зажимной головки; 3 — рычаг зажима; 4 — плунжер.

варкой изношенных и отсутствующих зубьев. Основание кронштейна должно быть прострогано. Каждый зажим должен обеспечивать силу зажима, равную 70% подъемной силы машины. Испытание производят динамометром.

Коленчатый клапан (фиг. 139). У клапана чаще всего заменяются все



Фиг. 139. Коленчатый клапан: 1 — рукоятка; 2 — нажимной стержень; 3 — шарик; 4 — корпус клапана; 5 — пружина; 6 — прокладка; 7 — пробка.

детали за исключением корпуса и рукоятки. В корпусе протачивается или притирается притиром место прилегания шарика. Испытание производится сжатым воздухом, подводимым к клапану снизу. При испытании воздух не должен проникать в верхнюю полость.

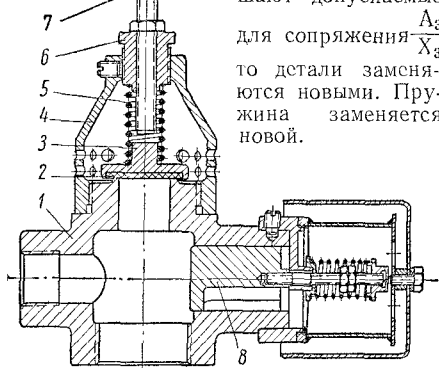
Дыхательный клапан (фиг. 140) изнашивается мало. Ремонт клапана обычно сводится к его осмотру, промывке и замене фибровой прокладки.

Клапан баллона поворота (фиг. 141). При ремонте проверяются зазоры между корпусом и клапаном, а также между плунжером и клапаном.

Если зазоры превышают допускаемые

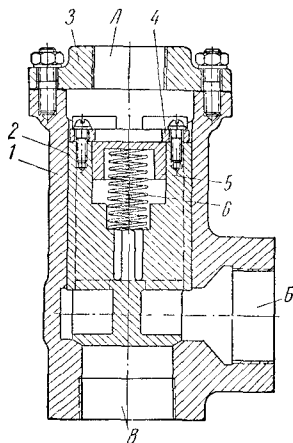
для сопряжения $\frac{A_3}{X_3}$,

то детали заменяются новыми. Пружина заменяется новой.



Фиг. 140. Дыхательный клапан: 1 — корпус; 2 — фибровая прокладка; 3 — клапан; 4 — коiled; 5 — пружина; 6 — гайка; 7 — регулирующий болт; 8 — золотник.

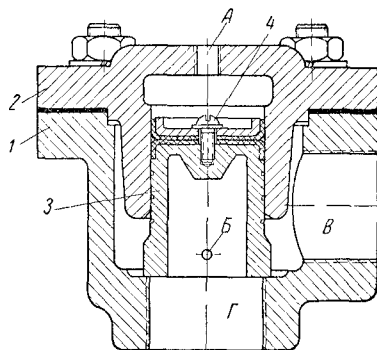
В корпусе исправляется фаска (механической обработкой или притиркой специальным притиром). Притирается золот-



Фиг. 141. Клапан баллона поворота: 1 — корпус; 2 — клапан; 3 — крышка; 4 — шайба; 5 — плунжер; 6 — пружина.

ник к корпусу и плунжер к шайбе и заменяется прокладка.

Испытание клапана производят следующим образом. Отверстие Б заглушивается. К отверстию А подается сжатый воздух под давлением 6 ат. Со стороны В воздух при этом выходить не должен. Затем воздух подводится со стороны В и проверяется, не выходит ли воздух через отверстие А.



Фиг. 142. Клапан медленной вытяжки: 1 — корпус; 2 — крышка клапана; 3 — поршень; 4 — винт крепления манжет.

Клапан медленной вытяжки (фиг. 142). При ремонте проверяется зазор между поршнем и отверстием

в крышке. Если зазор превышает допускаемый для сопряжения $\frac{\Delta_3}{X_3}$, поршень заменяется новым, а крышка растачивается. Заменяются манжеты, прокладка и пружинные шайбы.

После сборки клапан испытывают. Воздух под давлением 6 ат, подаваемый в отверстие Г, не должен проникать через отверстие А. Масло, нагнетаемое в отверстие А под давлением 6 ат, не должно проходить в отверстия В и Г.

Литейные ковши

По конструкции крановые литейные ковши делятся на две основные группы: ковши с поворотным устройством и ковши со стопорным устройством.

Ковши относятся к весьма ответственным агрегатам литейного цеха. Самая незначительная неисправность может послужить причиной утечки металла из ковша, а иногда и несчастного случая. Поэтому ковши должны тщательно осматриваться и ремонтироваться после каждой разливки. Осмотру подлежат:

- 1) состояние футеровки;
- 2) состояние наружной облицовки;
- 3) крепление и состояние цапф;
- 4) крепление подвески;
- 5) состояние стопоров, стаканов и деталей крепления стаканов;
- 6) наличие и состояние шпонок в шестернях механизма поворота;
- 7) состояние запирающего устройства стопора;
- 8) предохранительные петли.

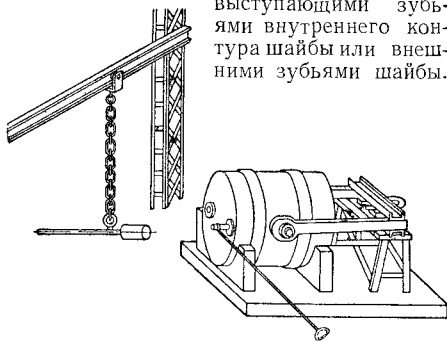
Ремонт стопорных ковшей после разливки заключается в демонтаже стопоров и стаканов, удалении корки со дна ковша, исправлении футеровки, замене стаканов и стопоров, очистке предохранительных петель от налипшего металла и устранении мелких дефектов, обнаруженных при осмотре.

Для удаления корки со дна ковша в отверстия под стаканы вводят стальные стержни, по которым бьют специальным ударником («соколом»). От ударов корка на дне ковша отстает.

Для удобства очистки ковша около стенок для укладывания ковшей целесообразно устанавливать монорельс с кошкой, к которой подвешивается сокол (фиг. 143).

После очистки дна исправляют дефекты футеровки и приступают к замене стаканов. Новый стакан смазывают огнеупорной массой, которую наносят также на стенки

и отверстия гнезда стакана. После этого ставят стакан в гнездо и собирают запирающее устройство стакана, заполняя полости огнеупорной массой. Установив стакан, заполняют жидкой огнеупорной массой пространство между хвостовиком стакана и дном, затем ставят кольца, заполняя жидкой огнеупорной массой свободные промежутки между кольцами. Излишек огнеупорной массы, выступивший у торцов стакана, удаляют. Во время разливки стакан испытывает давление жидкого металла, которое воспринимается выступающими зубьями внутреннего контура шайбы или внешними зубьями шайбы.



Фиг. 143. Схема приспособления для выбивания корки из ковша.

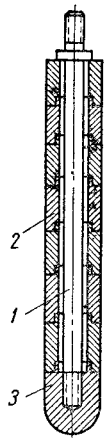
Поэтому при повреждении зубьев шайб последние должны всегда заменяться новыми. Заварка зубьев не допускается.

Для замены стопоров ковш ставят в яму, отбрасывают предохранительные петли, кладут подвеску на опору и приступают к установке нового стопора. Стопор должен быть ровным; пробка стопора должна хорошо прилегать к стакану. Зазоры, через которые может проникнуть жидкий металл, недопустимы. В отдельных случаях разрешается слегка притереть соприкасающиеся поверхности пробки стопора и стакана. Прежде чем соединить держатель стопора с ползуном, устраняют люфты между ползуном и его направляющими, так как наличие люфтов может явиться причиной плохого запирания отверстия в дне, что всегда влечет за собой аварию. Устранив люфты, соединяют держатель стопора с ползуном и проверяют надежность работы механизма путем многократного поднятия и опускания стопора.

Для проверки плотности прилегания пробки стопора к стакану пользуются следующим методом. Опустив стопор, насыпают мелкий сухой песок вокруг пробки,

а под отверстие стакана подкладывают лист бумаги. Песок не должен просачиваться сквозь соединение пробки со стаканом.

Стопор, снятый с ковша, во многих случаях может быть отремонтирован. Если стержень не перегорел, его выправляют и собирают стопор вновь. Стержень, у которого перегорела нижняя часть, восстанавливают, приварив к сохранившейся части новую нижнюю часть. Для этого разрешается применение только кузнечной сварки. Выправленный стержень не должен иметь прогиба, превышающего 5 мм на всю длину. Длина восстановленного стержня должна соответствовать чертежным размерам с отклонением не более 10 мм.



Фиг. 144. Стопор: 1 — стержень; 2 — кольцо; 3 — пробка.

Стопор (фиг. 144) собирается следующим образом. Стержень стопора обмазывают огнеупорной глиной, затем на него надевают одну за другой шамотные трубки

так, что выступы одной трубки заходят в выточки другой. При сборке надо следить за тем, чтобы трубки входили одна в другую плотно и прилегали друг к другу. Затем плотно навинчивают пробку, заполнив предварительно отверстие в ней жидкой огнеупорной массой. Выступ на торце пробки должен входить в соответствующую выточку последней трубки.

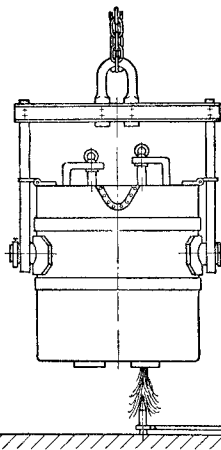
Собранный стопор подвергается сушке при температуре 700—800° С в сушильной печи.

Наиболее частой причиной аварий с ковшами является проникновение жидкого металла через трещины и неплотности футеровки. Жидкий металл, пройдя сквозь футеровку, разъедает стенки колбы и вытекает наружу. Ремонт поврежденного ковша заключается в замене футеровки. Дефектную часть колбы вырезают и приваривают заплату.

Бывают случаи, когда стопор откаывает в работе вследствие заедания механизма из-за деформации его или попадания брызг металла, сильного искривления стержня под действием температуры, поломки пробки или по каким-либо другим причинам. Если такие случаи имеют место

при поднятом стопоре, то жидкий металл вытекает через донное отверстие.

Такую аварию ликвидируют посадкой ковша на колышек. Для этого выполненный в виде конуса стальной колышек устанавливают на плиту и ковш опускают на колышек так, чтобы стопорное отверстие в днище пришлось против колышка (фиг. 145). Колышек, входя в отверстие,



Фиг. 145. Посадка ковша на металлический колышек.

закрывает его, а жидкий металл, просачивающийся через зазоры, сваривает колышек с металлом колбы, и вытекание металла прекращается. Для разлива оставшегося металла открывают второй, запасной стопор.

В случаях, когда пробка стопора оторвалась и закрыла собой отверстие или стопор не может подняться из-за каких-то неисправностей, практикуется с целью закрытия стопорного отверстия посадка ковша на деревянный колышек.

В ковшах с поворотным механизмом возможны аварии вследствие нарушения крепления шестерен механизма поворота. Выпадение шпонки или сползание шестерни с вала вследствие нарушения крепления вызывает резкое выравнивание наклоненной колбы, что приводит к расщеплению металла.

Капитальный ремонт ковшей. При капитальном ремонте ковша восстанавливают колбу, крепление механизма подъема и опускания стопора, восстанавливается или меняется крепление цапф, подвеска и заменяется футеровка.

Остальные узлы ковша (стопорное устройство, запирающее устройство стакана и поворотный механизм) должны быть заменены новыми, заранее собранными. При таком способе ремонта ковшей капитальный ремонт можно провести за 2—3 дня.

Собранные узлы должны испытываться в условиях, аналогичных условиям их работы. Так, например, для механизма подъема и опускания стопера следует изготовить специальный упрощенный стенд, аналогичный месту крепления механизма на ковше.

При ремонте ковша из него удаляется футеровка, отсоединяются цапфы и скоба, после чего колба осматривается снаружи и изнутри. Трещины, обнаруженные в колбе, разрешается заваривать. Отдельные прогоревшие места исправляются приваренными встык заплатами; сверху для прочности следует приваривать накладку. Для 25-тонного ковша количество накладок не должно превышать четырех размером около 300×400 мм.

Если прогорели пояса вследствие попадания на них жидкого металла их заменяют новыми. Старые пояса разбирают пневматическими зубилами и снимают по частям. Отдельные небольшие выпучины колбы оставляют без исправлений.

На днище допускаются отдельные выпучины высотой до 50 мм лишь тогда, когда есть уверенность, что эти выпучины не отразятся на нормальной работе стопорного механизма; если такой уверенности нет, днище следует заменить. Следует также заменять днище, поверхность которого приняла вследствие деформации гофрированный вид.

Сварные швы колбы при ремонте осматривают и при необходимости отдельные ослабленные участки усиливают. Если отверстия крепления цапф имеют следы износа, их следует рассверлить и развернуть на следующий ремонтный размер.

При наличии трещин или лопнувших швов в месте крепления неподвижной части предохранительной петли к полукольцу шов заменяется новым. Зазор в шарнире не должен превышать 1 мм, если зазор больше, отверстия в обеих деталях исправляют и изготавливают новую, увеличенную ось.

Крепление нижней скобы для кантовки ковша проверяют, изношенные болты заменяют новыми, при износе отверстий их развертывают до ближайшего большего размера.

Сварка и наплавка деталей подвески не допускаются, детали подвески, имеющие трещины и надрывы, должны заменяться новыми.

Тяги, если они не имеют дефектов, могут быть оставлены для дальнейшей работы при условии, что они будут подверг-

нуты нормализации с целью снятия напряжений, возникших в материале.

Швеллеры и листы, усиливающие гертикальную стенку, при капитальном ремонте следует заменять новыми, отрихтованными в пределах отклонения до 1 мм на 1 м длины. Серьги и скобы, не имеющие дефектов, могут быть оставлены старые при условии снятия напряжений нормализацией. Болтовые соединения подвески заменяются новыми. Кольца, предохраняющие тяги от сползания, могут быть оставлены старые, если посадка их на

цапфе соответствует сопряжению $\frac{A_3}{X_3}$.

Цапфы бракуются при наличии трещин, надрывов, подреза галтели и при одностороннем износе. Допускаемый наибольший износ цапф определяется условиями прочности. Для решения вопроса о возможности оставления изношенной цапфы для дальнейшей работы следует в каждом отдельном случае произвести проверочный расчет.

Если резьба в отверстии под стопорный винт смята или изношена, сверлят новое отверстие в другом месте и нарезают в нем резьбу.

Сборка подвески производится следующим образом. Собирается предварительно траверса, причем все крепление производится струбцинами. Предварительно обработанные цапфы устанавливаются по разметке на ковше и крепятся технологическими кронштейнами, привариваемыми электросваркой. Затем на цапфы надеваются тяги, которые одновременно заводятся в траверсу и крепятся также струбцинами. После этого производят следующие проверки: проверяется перпендикулярность тяг по отношению к траверсе; проверяется правильность вращения подвески вокруг цапф.

Подвеска должна вращаться свободно из одного своего крайнего положения в другое. Зазоры между цапфами и отверстиями в тягах должны сохраняться постоянными при любом угле поворота подвески. При отклонениях зазоров от нормы компенсаторами служат цапфы. Цапфы подстрагиваются по поверхности прилегания ковша так, чтобы компенсировались неточности, обнаруженные при предварительной сборке подвески.

Когда установлено соответствие системы подвески своему назначению, ее снимают, обсверливают в сборе и ставят на болты. Расположение отверстий в ковше

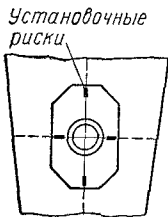
переносят на цапфы с помощью керна, изготовленного по отверстиям в колбе ковша.

После сверления отверстий в цапфах их устанавливают так, чтобы отверстия в них совпадали с отверстиями в колбе ковша, и ставят в два или три отверстия технологические болты. Затем развертывают отверстия в обеих деталях ручными или станочными развертками, ставят в них болты и затягивают гайками.

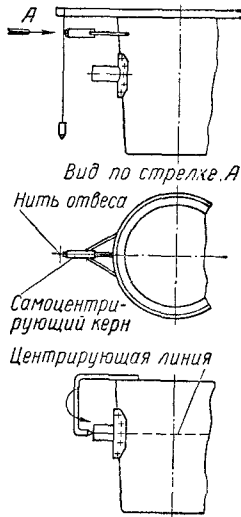
Резьба болта должна выступать из гайки на величину не менее двух полных витков. Когда цапфы установлены, надевают подвеску и ставят кольца.

При установке серья необходимо выдерживать симметричность их расположения по отношению к тягам в пределах $\pm 0,5$ мм. Для облегчения установки новых цапф применяют три метода.

1. Не снимая старых цапф, их размечают (расцентровывают) и на ковше наносят центровые риски. Новую цап-



Фиг. 146. Схема разметки под цапфы с помощью установочных рисок.



Фиг. 147. Разметка цапф с помощью отвесов.

фу также расцентровывают, а положение ее определяют, совмещая центровые риски новой цапфы с соответствующими рисками на колбе ковша (фиг. 146). Однако такой способ не всегда применим. В тех случаях, когда старые цапфы оказываются установленными неудовлетворительно, целесообразно при замене цапф исправлять их положение.

2. Колбу устанавливают в строго вертикальное положение, для чего ее выравнивают клиньями, проверяя правильность установки при помощи отвеса. На верхний обрез ковша кладут линейку, к которой прикрепляют шнур отвеса. Если обрез

неровный, линейку устанавливают на подкладках. Находят положение линейки, соответствующее плоскости, проходящей через поперечное сечение ковша и через центр старых цапф (для этого один отвес подвешивают к выступающему за габарит ковша концу линейки). С помощью двух отвесов, подвешенных к краям линейки, и специального приспособления для кернения наносят две вертикальные оси. Затем при помощи скобы наносят горизонтальные оси, параллельные дну или верхнему обрезу ковша. Имея центры расположения цапф и две перпендикулярные оси, можно легко разметить правильное положение новых цапф (фиг. 147).

3. При изготовлении нового ковша с помощью разметки определяют место расположения осей цапф, просверливают и развертывают в колбе два отверстия, с тем чтобы в эти отверстия можно было вставить вал, материализующий ось цапф. При токарной обработке цапф в них сверлится и развертывается отверстие по размеру этого вала. При сборке вставляют вал в отверстия в колбе ковша и надевают на выступающие его концы цапфы.

Механизм подъема и опускания стопора должен работать совершенно надежно. Заедание его недопустимо. Повышенные зазоры в месте перемещения ползуна не допускаются. Наличие их вызывает неправильное положение стопора. При ремонте проверяются и исправляются все шарнирные соединения. Валики подвергают шлифованию, втулки заменяют. Там, где нет втулок, растачивают отверстия и ставят втулки или заменяют пальцы новыми. В соединениях плоскости исправляют путем наплавки с последующей обработкой. Рабочие плоскости ползуна и направляющие исправляют при помощи механической обработки. Механической обработкой исправляется также сопряжение конуса держателя стопора с ползуном. При этом в держателе иногда приходится фрезеровать паз под клин.

При ремонте осматривают и при необходимости заменяют скобы крепления механизма. С помощью линейки проверяют расположение опорных поверхностей скоб. Для придания правильного положения опорным плоскостям трех верхних скоб их сгибают. Применение подкладок для получения правильной плоскости нежелательно и может быть допущено лишь в виде исключения.

Если при сборке тяга, соединяющая нижний узел с верхним, оказывается

смещенной (не попадает в отверстие ползуна), строгают неподвижный кронштейн или сгибают нижнюю скобу.

Собранный механизм должен перемещаться легко, без заеданий. Когда это достигнуто, механизм соединяют со стопором, для чего в конусное гнездо ползуна устанавливают и затягивают держатель стопора. После этого вновь проверяют механизм, собранный полностью, путем поднятия и опускания стопора.

Ремонт поворотного механизма. Кронштейн механизма поворота изнашивается в месте крепления его к тяге. При ремонте допускается производить наплавку изношенных поверхностей кронштейна электросваркой с последующей обработкой на строгальном станке.

Отверстия под болты крепления кронштейна развертываются в сборе с тягой. При наличии износа отверстия под бронзовые втулки растачиваются, а втулки заменяются новыми.

Шейки червяка шлифуются до получения чистой поверхности правильной геометрической формы.

Особое внимание следует уделять шпоночным соединениям. Пазы в шестернях, в валу червяка и в цапфе должны быть правильной формы, не сдвинуты с оси, иметь четкие очертания и размеры, соответствующие чертежам. Шпонки должны быть плотно пригнаны к гнездам. Разрешается взамен изношенного паза делать новый в другом месте, но не больше одного.

Червячная шестерня подлежит замене в том случае, если износ ее превышает 20% первоначальной толщины зуба. Червяк бракуется при износе ниток резьбы на 30%.

Конические шестерни бракуются при износе зубьев на 25%. Механизм должен быть собран надежно, стопорное кольцо хорошо закреплено на валике. Шайба, предохраняющая коническую шестерню от соскакивания, должна быть плотно притянута к торцу шестерни.

Испытание ковшей после ремонта. После ремонта ковши подвергаются испытанию. На некоторых завсдах для испытания колбу ковша, загруженную болванками или скрапом, вес которых на 25% больше суммарного веса колбы, с футеровкой и максимальным количеством вмещаемого жидкого металла и шлака поднимают краном и 15 мин. держат на весу в спокойном состоянии, затем перемещают ковш в разных направлениях в течение 15 мин.

Работу поворотного механизма проверяют, наклоняя и выравнивая ковш до 20 раз.

После этих испытаний ковш осматривают и футеруют. Проверяют плавность и легкость работы механизма подъема и опускания стопора и прилегание пробки стопора к стакану.

РЕМОНТ МОСТОВЫХ КРАНОВ *

Тормоза

Ремонт узла тормоза сводится в основном к восстановлению изношенных деталей и замене некоторых из них новыми.

Муфту (фиг. 148) бракуют, если толщина обода a уменьшилась в результате износа поверхности 1 более чем на 30% первоначального размера и если зазор между отверстием 3 и сопряженной шейкой вала выше предусмотренного посадкой $\frac{C_3}{A_3}$.

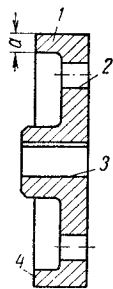
При наличии задиоров на поверхности 1 муфты ее протачивают до получения чистой поверхности. За базу при установке на станке принимают поверхность отверстия 3 и торец 4. При износе отверстий под пальцы более 1,0 мм и под болты в парной муфте выше наибольшего допуска A_4 производят расточку или развертывание отверстий.

При наличии зазоров в шарнирных сочленениях рычагов и колодок тормоза выше предусмотренных посадкой $\frac{A_4}{X_4}$ от-

верстия исправляют сверлением и развертыванием на следующий ремонтный размер с заменой валиков новыми соответствующих размеров. При износе отверстий выше 10% первоначального размера последние целесообразно заварить и обработать вновь по размерам чертежа. Валики и пальцы, имеющие износ выше 5%, подлежат замене.

Обкладки феродо, изношенные до 3—4 мм, заменяются новыми. Обкладку феродо на колодке закрепляют медными или алюминиевыми заклепками. При этом

* О ремонте деталей мостовых кранов см. в гл. I. Востановление и изготовление деталей оборудования при ремонте", стр. 349.



Фиг. 148.
Муфта.

головки заклепок должны быть утоплены на 0,2 толщины обкладки.

Стяжки бракуют при наличии срывов ниток резьбы или износа резьбы.

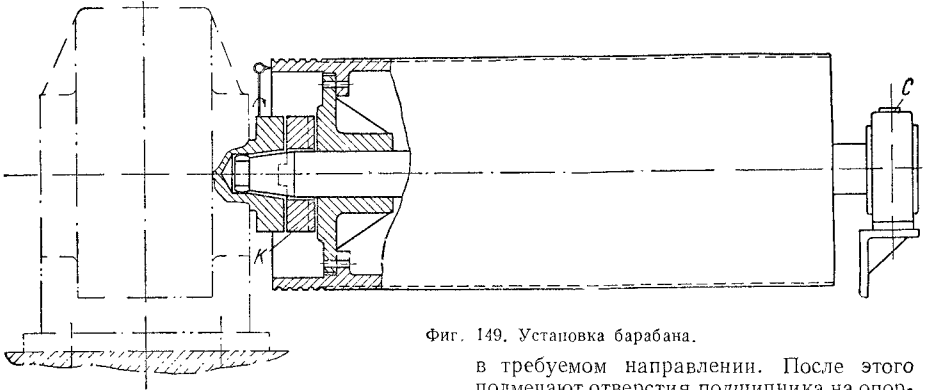
При сборке узла тормоза необходимо обеспечить:

а) параллельность осей колодок, колодочных рычагов и осей тормозного шкива;

б) плотное прилегание обкладки колодок к тормозному шкиву по всей поверхности при замкнутом тормозе;

чения возможности поворота вала редуктора относительно барабана сначала монтируют барабан без полумуфты К.

Вращая вал редуктора вместе с закрепленным на нем индикатором, определяют величину неперпендикулярности торца барабана оси вала редуктора или непараллельности осей вала редуктора и барабана. Если неперпендикулярность торца барабана оказывается выше 0,3 мм на радиусе 500 мм, смещают подшипник С



Фиг. 149. Установка барабана.

в) равномерный отход колодок при от торможивании, при этом зазор между обкладкой феродо и поверхностью шкива допускается в пределах от 0,25 до 1,0 мм;

г) свободный ход рычажной системы в результате зазоров в шарнирных соединениях допускается не выше 15% общего хода; свободный ход проверяется при зажатых колодках; для этого поднимают замыкающий рычаг и измеряют величину его хода до начала отхода колодок.

Тележки

Погнутые и покоробленные элементы рамы правят в холодном состоянии или с нагревом. Поврежденные или сильно деформированные элементы, которые не могут быть исправлены на месте, вырезают и заменяют новыми.

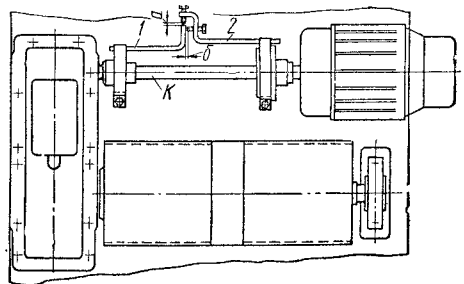
Трещины в сварных элементах рамы заваривают и для усиления приваривают накладки. Опорные плоскости рамы следует выравнивать привариванием строганных прокладок.

При монтаже барабана его ось должна быть совмещена с осью приводного вала редуктора. Для этого на муфту барабана (фиг. 149) хомутом прикрепляют индикатор или разметочную иглу. Для обеспе-

чения в требуемом направлении. После этого подмечают отверстия подшипника на опорной площадке рамы, снимают барабан, сверлят и нарезают отверстия под болты и подстрагивают при необходимости привалочную плоскость подшипника. Затем окончательно монтируют барабан вместе с полумуфтой К.

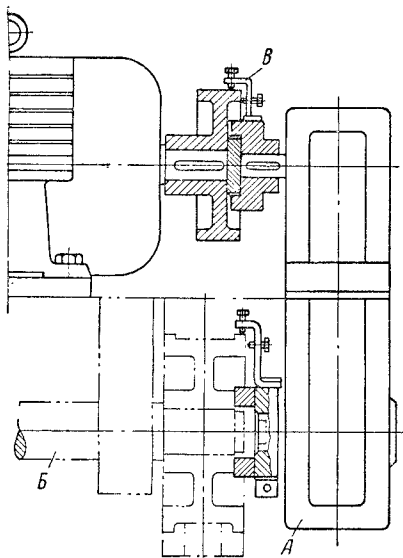
Установка и центрирование электродвигателя механизма подъема осуществляют с помощью приспособления, приведенного на фиг. 150, состоящего из двух рычагов 1 и 2, прикрепляемых хомутами к муфтам редуктора и электродвигателя.

Вращая ось мотора, определяют неравномерность зазоров а и б и производят его выверку.



Фиг. 150. Установка электродвигателя механизма подъема.

Установка и центровка узлов механизма передвижения тележки ведутся аналогичному приведенному. Сначала выверяют редуктор *А* по отношению оси тележки *Б* (фиг. 151), затем устанавливают электро-



Фиг. 151. Установка редуктора и электродвигателя передвижения тележки.

двигатель по отношению к оси редуктора с помощью приспособления *В*, которое крепится хомутом к муфте редуктора.

Мосты

Основные работы по ремонту моста состоят:

- 1) в восстановлении ферм моста;
- 2) в выверке и исправлении положения осей отверстий под пальцы ходовых колес;
- 3) в выверке и установке приводного вала движения моста;
- 4) в монтаже ходовых колес и привода движения моста.

Восстановление ферм. Перед началом ремонта производят полный технический осмотр ферм моста с целью выявления дефектов сварных швов и заклепочных соединений, наличия погнутых элементов и других повреждений. Осмотр ненадежных мест соединений сопровождается обстукиванием молотком.

Все слабые, расшатавшиеся заклепки заменяют новыми. При этом в один прием должна срубаться только одна заклепка. Замена последующей заклепки производится после установки предыдущей.

Трещины и надрывы исправляют посредством заварки поврежденных мест с приваркой к этим местам накладок.

Если при обследовании фермы обнаружена погнутость элементов, не превышающая 5 мм на 1000 мм длины, такие элементы можно править в холодном состоянии. При наличии больших изгибов и деформации такие элементы удаляют и заменяют новыми. Заменяемые элементы должны быть изготовлены из проката сталей марок Ст. 2 или Ст. 3, имеющего сертификат.

Сертификаты хранятся в шнуровой книге крана. При отсутствии сертификата производится лабораторное испытание образца применяемого металла.

Сварные швы основных соединений (стыковые швы крепления концевых балок, раскосов и т. д.) должны выполняться с применением электродов с толстой обмазкой по ГОСТ 2523-51.

Для контроля качества сварных соединений сварщиком изготавливается пробный образец в условиях, полностью отвечающих условиям изготовления элементов металлоконструкции. Образец подвергается испытанию.

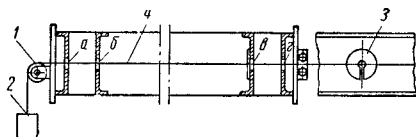
Выверка и исправление мест под оси ходовых колес. Основной причиной неудовлетворительной работы и преждевременного износа деталей ходовой части крана и подкрановых путей является непараллельность осей отверстий под оси ходовых колес.

Выверка осей этих отверстий производится двумя способами.

Первый способ заключается в следующем.

Если конструкция моста позволяет протянуть струну сквозь отверстия под оси ходовых колес обеих концевых балок, не задевая переплетов моста, выверка выполняется в такой последовательности:

- 1) продевают струну *4* сквозь отверстия *а*, *б*, *в* и *г* и натягивают ее с определенным усилием посредством ролика *1* и груза *2* (фиг. 152).



Фиг. 152. Проверка параллельности осей ходовых колес при помощи струны.

- 2) совмещают струну с центрами отверстий *а* и *г* обеих концевых балок, после чего определяют величину смещения отверстий *б* и *в* по отношению струны;

3) если смещение оказывается выше 0,5 мм, соосность отверстий восстанавливают следующим образом:

а) наносят окружные риски на стенках швеллеров обеих концевых балок с помощью алюминиевого диска 3 толщиной не больше 1 мм, который центрируется на натянутой струне;

б) изготавливают четыре накладки, наружный диаметр которых равен наружному диаметру алюминиевого диска 3 (внутренний диаметр накладки расточен по диаметру пальца);

в) снимают струну, накладывают новые накладки на обочерченные места балок и совмещают их с круговыми рисками, после чего прихватывают накладки электросваркой в трех точках;

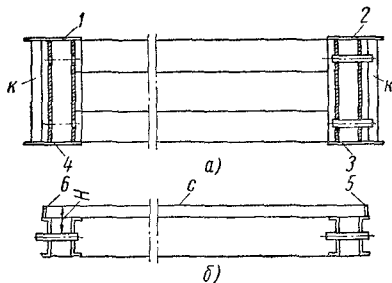
г) вторично продевают и устанавливают струну и проверяют по отношению к ней прихваченные накладки; если смещение отверстий в накладках находится в пределах 0,5 мм, их приваривают электросваркой окончательно.

Аналогичным образом проводится выверка центров отверстий под оси второй пары ходовых колес.

Второй способ более сложен, и его применяют только в том случае, если конструкция моста не позволяет протянуть струну сквозь отверстия под оси ходовых колес.

Операцию по выверке осей вторым способом ведут таким образом.

К ферме приваривают вспомогательные планки 1—4 (фиг. 153, а) и по две планки 5 и 6 (фиг. 153, б) одинаковой длины,



Фиг. 153. Проверка параллельности осей ходовых колес в вертикальной и горизонтальной плоскостях при помощи четырех струн.

затем натягивают струны К и две струны С. Струны С натягивают параллельно балкам ферм, а струны К — параллельно концевым балкам. Перпендикулярность струн К и С проверяется замером диагонали образуемого ими прямоугольника. В отверстия

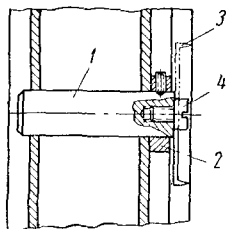
вставляют валики 1 (фиг. 154) с закрепленными на них упорными кольцами 2.

К валику 1 винтом 4 закреплена изогнутая стрела 3. Поворотом валика 1 на 180° определяют величину отклонения оси отверстия в горизонтальной плоскости.

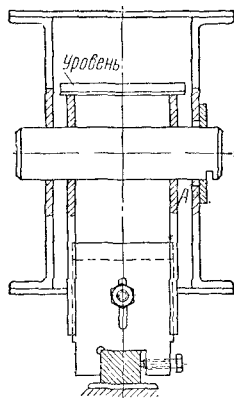
Положение оси отверстия в вертикальной плоскости определяют по струне замером высоты Н (фиг. 153).

Отклонение от параллельности всех четырех осей отверстий под пальцы ходовых колес допускается в пределах до 1 мм на длине пальцев в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

Исправление положения отверстий под оси ходовых колес может производиться при помощи приспособления, показанного на фиг. 155. Для этого при помощи



Фиг. 154. Определение положения отверстия под ось ходовых колес.



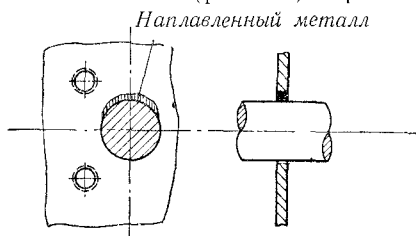
Фиг. 155. Определение правильного положения гусета с помощью приспособления.

газовой или электрической резки увеличивают диаметр отверстия А в концевой балке. Устанавливают и выверяют приспособление, надевают на палец приспособления гусет и прихватывают его в нескольких точках. Снимают укрепленное к рельсу подкранового пути приспособление и окончательно обваривают гусет электросваркой.

Выверку положения отверстий под оси ходовых колес производят в том случае, если имеется повышенный износ реборд ходовых колес и подкрановых рельсов.

Если операция выверки осей не производилась, необходимо произвести осмотр состояния отверстий под оси и стенок концевых балок в месте соприкосновения с торцом ступицы ходового колеса. Обычно эти места имеют износ и требуют восстановления.

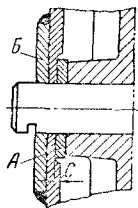
Односторонний износ отверстия под ось ходового колеса устраняют путем заварки изношенных мест (фиг. 156). При этом



Фиг. 156. Устранение одностороннего износа отверстия под ось ходового колеса.

применяют оправки из алюминиевого сплава, бронзы или латуни. При одностороннем износе отверстия может производиться также приварка накладки толщиной не менее толщины стенки концевой балки.

При износе стенок концевой балки выше 20% первоначальной толщины к наружной стенке концевой балки приваривают накладку *Б* (фиг. 157) и устанавливают промежуточную шайбу *А*.



Фиг. 157. Усиление изношенной концевой балки.

Установка и выверка приводного вала ходовых колес проводятся следующим образом:

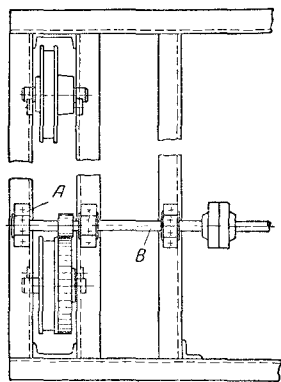
а) устанавливают концевые части *В* валика (фиг. 158) с обеих сторон моста, обеспечивая нормальное зацепление ведомых и ведущих шестерен;

б) демонтируют установленные концевые части приводного вала, не сдвигая подшипников *А*;

в) между крайними подшипниками *А* натягивают струну, материализующую ось приводного вала;

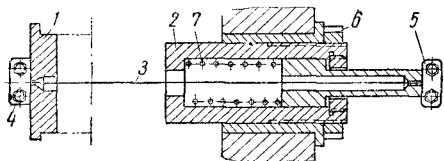
г) ориентируясь от струны, устанавливают все промежуточные подшипники приводного вала; отклонение оси подшипников от струны в вертикальной плоскости вверх допускается до 1 мм и в горизонтальной плоскости до 0,5 мм на каждые 1000 мм длины моста.

Натяжка струны при проверке положения подшипников приводного вала обеспечивается приспособлением, приве-



Фиг. 158. Установка концевых частей приводного вала при его выверке.

денным на фиг. 159. Оно состоит из двух частей: шайбы *1*, вставляемой в один концевой подшипник, и цилиндра *2* с натяжным устройством, вставляемого в другой концевой подшипник. Струна *3* крепится зажимами *4* и *5* и натягивается перемещением цилиндра *2* при помощи гайки *6*. Сила натяжения струны определяется величиной сжатия пружины *7*.

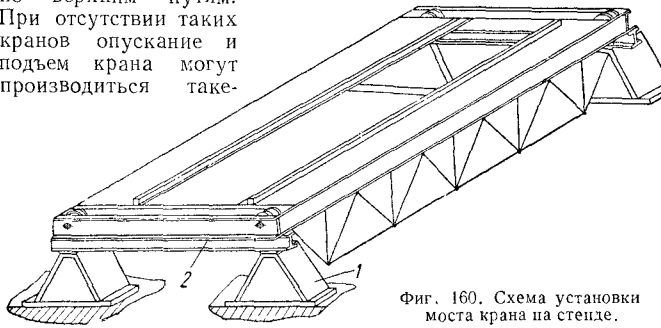


Фиг. 159. Приспособление для выверки подшипников приводного вала.

Мостовые краны ремонтируют обычно на подкрановых путях. Однако при большом объеме работ, связанном с ремонтом ферм или модернизацией краев, целесообразно опускать кран вниз.

При этом кран устанавливают на специальном стенде (фиг. 160). Стенд состоит из четырех стоек *1*, попарно соединенных балками *2* с приваренными к ним рельсами под ходовые колеса. Установку и выверку стенда ведут теми же методами, как и подкрановых путей (см. стр. 409). При отсутствии нивелира установку рельсов в горизонтальном положении и в одной плоскости производят при помощи сообщающихся сосудов.

Опускание и подъем моста крана при ремонте могут производиться железнодорожным или гусеничным краном, а при двухъярусном расположении кранов краном, перемещающимся по верхним путям. При отсутствии таких кранов опускание и подъем крана могут производиться также



Фиг. 160. Схема установки моста крана на стенде.

лажным способом (см. раздел «Такелажные работы при ремонте оборудования» и стр. 530).

Испытание кранов

Испытание кранов, вышедших из капитального ремонта, должно производиться в соответствии с действующими правилами Госгортехнадзора.

Испытание кранов пробным грузом состоит из статического и динамического, причем сначала производится статическое испытание, а затем динамическое.

Если кран снабжен ограничителем грузоподъемности, то последний на время испытания крана должен быть отключен.

Статическое испытание. Кран устанавливается над опорами подкрановых путей, а его тележка в положение, отвечающее наибольшему прогибу моста. Крюком или заменяющим его устройством захватывается груз, на 25% превышающий грузоподъемность крана. Груз поднимается краном на высоту порядка 100 мм и остается в подвешенном состоянии в течение 10 мин. Затем груз опускается и определяется величина остаточной деформации ферм крана.

Для замера остаточной деформации ферм до подъема испытательного груза к металлоконструкции крана (поясам ферм, раме тележки) закрепляют отвес — тонкую проволоку с грузом 100—200 Г и отмечают положение последнего. Во избежание искажения результатов замера пользование шнуром вместо проволоки, а также закрепление отвеса за

перила, трансмиссионный вал или настил моста не допускается.

Для замера остаточной деформации рекомендуется также пользоваться специальными приборами (прогибомерами) или геодезическими инструментами.

Результаты статического испытания крана признаются удовлетворительными если:

а) не обнаружена остаточная деформация;

б) при испытании в течение 10 мин. не наблюдалось самопроизвольного опускания груза (при наличии двух и более тормозов, как, например,

у различных кранов, каждый тормоз должен быть испытан в отдельности);

в) в процессе испытания и при последующем осмотре не было обнаружено повреждений крана.

Если при испытании крана окажется остаточная деформация, возможность дальнейшей работы его должна быть определена специализированной организацией.

Динамическое испытание производится, если результаты статических испытаний признаны удовлетворительными. Это испытание заключается в повторных подъемах и опусканиях груза, превышающего предельный рабочий груз на 10%. При этой же нагрузке испытываются все другие механизмы, а также автоматические ограничители хода крана и тележки.

Ограничитель хода (концевой выключатель) механизма подъема должен испытываться при подъеме крюка (или другого захватывающего приспособления) без груза.

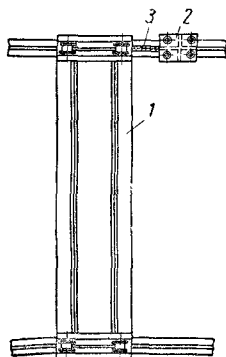
Подкрановые пути

Подкрановые рельсы могут иметь следующие дефекты: 1) повреждения рабочих поверхностей в виде выбоин; 2) закаты рабочих поверхностей; 3) ослабление крепления; 4) непараллельность рельсов в горизонтальной плоскости; 5) повышенное отклонение путей от горизонтальной плоскости.

Для выявления дефектов проверяют состояние путей и результаты заносят в специальный бланк. При этом пути разбивают на отдельные участки 2-метровой длины и нумеруют их.

Если поверхность рельса имеет закаты более 2 мм на сторону, их срубают цвев-

матическим зубилом или срезают при помощи специального приспособления (фиг. 161).



Фиг. 161. Схема приспособления для срезания закатов на подкрановых рельсах: 1 — мостовой кран; 2 — приспособление для срезания закатов; 3 — трос.

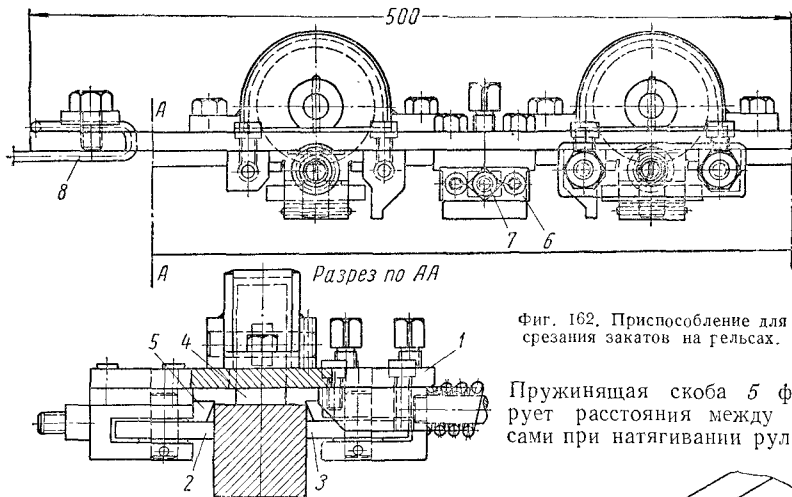
Конструкция приспособления для срезания закатов на подкрановых рельсах приведена на фиг. 162. Оно состоит из рамы 1, на которой смонтированы два

поврежденные поверхности рельсов в виде выбоин или выкрошившихся кусков исправлять заваркой не рекомендуется. Такие участки пути подлежат замене.

Усиление крепления рельсов, приваренных к подкрановым балкам, производится путем удаления нарушенных сварных швов с последующей приваркой рельсов к подкрановым балкам и установки дополнительных упоров (фиг. 163).

Проверка взаимной параллельности рельсов может производиться с помощью приспособления, показанного на фиг. 164.

Приспособление состоит из зажимов 1 и 2 и узла натяжки ленты рулетки. Зажим 1 крепится к рельсу одной линии, а зажим 2 — к рельсу второй линии. Один конец ленты рулетки закрепляется планкой 3, а второй крепится планкой 4 к узлу натяжки. На ленту рулетки надевается пружинящая скоба 5. Натягивая рулетку ручкой 6, наблюдают за движком 7, который при каждом замере должен доходить до одной и той же риски с на цилиндре 8.

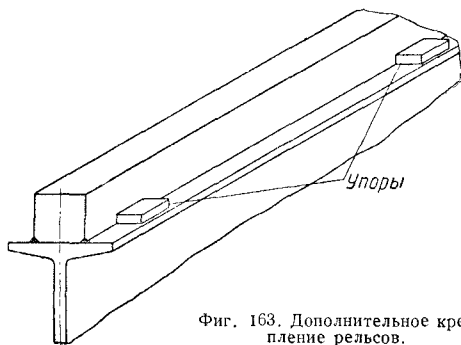


Фиг. 162. Приспособление для срезания закатов на рельсах.

неподвижных боковых ролика 2, двух боковых прижимных роликов 3 и двух вертикальных роликов 4. Резцы 5 укрепляются в резцедержателях. Подача резца осуществляется винтом 7.

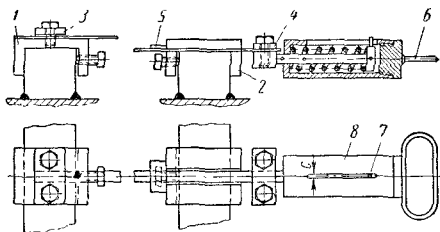
Работа по срезанию накатов ведется следующим образом. Приспособление устанавливают на рельс роликами 4, на которых оно перемещается по рельсу. Ролики 2 и 3 служат для направления приспособления в горизонтальной плоскости. Приспособление крепится к мосту крана канатом 8 и передвигается ходом крана.

Пружинящая скоба 5 фиксирует расстояния между рельсами при натягивании рулетки.



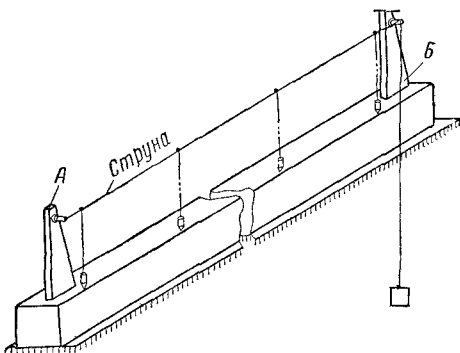
Фиг. 163. Дополнительное крепление рельсов.

С помощью данного приспособления можно с достаточной точностью определить величину отклонения от параллельности рельсов и ширины колеи.



Фиг. 164. Приспособление для проверки параллельности рельсов и ширины колеи.

ности рельсов, так как оно обеспечивает одинаковое натяжение ленты рулетки.



Фиг. 165. Проверка прямолинейности рельсов.

Отклонение от параллельности подкрановых рельсов допускается в пределах ± 5 мм на длине 2 м. Если результаты замеров показывают большие отклонения, то для выбора наиболее выгодного варианта исправления колеи проверяют прямолинейность каждого рельсового пути отдельно.

Прямолинейность рельсов в горизонтальной плоскости может определяться теодолитом.

При отсутствии теодолита проверка производится обычно следующим образом. По концам рельсов приваривают электросваркой две стойки *А* и *Б* (фиг. 165) и натягивают между ними струну так, чтобы ее концы были совмещены с одной из кромок рельса. После этого вдоль струны перемещают отвес и определяют величину отклонений от прямолинейности.

Проверку прямолинейности рельсов в вертикальной плоскости производят с помощью нивелира или сообщающихся сосудов.

На основании проведенных замеров составляют графики с указанием величины и направления имеющихся смещений.

Оценка состояния подкранового пути производится сравнением результатов проверки с допусками на укладку подкранового пути, указанными в паспорте крана или проекте подкранового пути. При отсутствии в паспорте крана указаний по укладке подкрановых путей можно руководствоваться следующим.

Эксплуатация мостовых кранов не должна допускаться, если:

- взаимное отклонение рельсов по высоте в одном поперечном разрезе здания достигает 15 мм;
- отклонение от проектного расстояния между подкрановыми рельсами (пролет) достигает ± 8 мм;
- разность отметок подкрановых рельсов на соседних колоннах достигает $\frac{1}{2000}$ расстояния между колоннами или 20 мм;
- взаимное смещение торцов подкрановых рельсов в стыках (в плане и по высоте) достигает 2 мм.

Если отклонения оказываются большими, производят выравнивание рельсов установкой подкладок.

ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ

1. Типовые технологические процессы ремонта оборудования Харьковского завода транспортного машиностроения имени Малышева.

2. Руководящие материалы по ремонту кузнечного оборудования Челябинского тракторного завода.

3. Шейнгольд Е. М. и Бялый И. Л., Скоростной ремонт оборудования в машиностроении, Машгиз, 1947.

4. Мореев В. Л. и Шейнгольд Е. М., Ремонт оборудования литейных цехов, Машгиз, 1950.

5. Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов, Госгортехнадзор СССР, Металлургиздат, 1957.

6. Методические указания по техническому освидетельствованию грузоподъемных кранов, Госгортехнадзор СССР, 1958.

7. Борисов Ю. С. и Тихомиров Г. Е., Техника безопасности при монтаже и ремонте оборудования, Машгиз, 1951.

РЕМОНТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

РЕМОНТ ПРОМЫШЛЕННЫХ
ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ УСТАНОВОК

Общие сведения

Вентиляцией называется воздухообмен, в результате которого из помещения удаляется загрязненный воздух, а взамен подается чистый.

Вентиляция, обеспечивающая подачу приточного воздуха примерно в одинаковом количестве на все участки помещения и удаление воздуха из наиболее загрязненных или перегретых участков, называется *общеобменной*.

Подача воздуха в ограниченный участок или отсасывание воздуха из отдельных мест называется *местной* приточной или местной вытяжной вентиляцией.

По способу осуществления воздухообмена вентиляция делится на естественную и механическую.

Естественная вентиляция с регулируемым воздухообменом через окна или фонари зданий называется *аэрацией*.

Механическая вентиляция применяется, когда токсичность и количество выделяющихся в помещениях веществ требуют поддержания постоянства воздухообмена независимо от внешних метеорологических условий.

Вентиляционной установкой с механической подачей воздуха называется совокупность всего оборудования и аппаратуры — вентилятора с электродвигателем, охлаждающих и увлажняющих воздух устройств, воздухопроводов с насадками, регулирующей и измерительной аппаратуры.

Вентиляционной системой называется совокупность вентиляционных установок, обеспечивающих воздухообмен в одном или нескольких производственных помещениях.

Основные требования к изготовлению
деталей и сборке центробежных
вентиляторов

Лопатки клепаных рабочих колес центробежных вентиляторов изготавливаются из стали с сопротивлением разрыву

40—50 кг/мм². Все лопатки вентилятора должны быть выполнены из стали одинаковой толщины и располагаться на равном расстоянии друг от друга. Толщина и профиль лопаток, а также допуски на них должны строго соответствовать указанным в рабочих чертежах. Допускаемые отклонения в углах лопаток колеса для углов входа не должны превышать $\pm 5^\circ$, для углов выхода $\pm 3^\circ$.

Поверхность лопаток должна быть гладкой, а кромки не иметь заусенцев, надрезов и других дефектов.

Отклонения в размерах диаметра и ширины рабочего колеса не должны превышать для вентиляторов № 2—6 3 мм, для вентиляторов № 8 и выше 5 мм.

Рабочее колесо должно быть тщательно отбалансировано в собранном виде. Присоединение приварка уравнивающих грузиков к заднему диску должна производиться со стороны, противоположной входу в него воздуха.

Величина биения колеса, замеренная на внешних кромках дисков, для вентиляторов № 2—6 не должна превышать 1,5 мм в радиальном направлении и 2 мм в осевом направлении, для вентиляторов № 8—12 в радиальном направлении 3 мм и в осевом направлении 5 мм.

Боковые стенки и спиральная обшивка кожухов могут быть изготовлены из двух и более частей, соединенных сваркой.

Патрубок на входном отверстии должен находиться в плоскости, перпендикулярной к оси отверстий, и быть расположен централью по отношению к оси колеса. Надрезы, разрывы и заусенцы на фальцах патрубков не допускаются.

Зазор между патрубком и рабочим колесом не должен превышать 0,01 диаметра рабочего колеса.

Патрубок должен плотно примыкать к стенке кожуха. Соединение патрубка с передней стенкой кожуха можно выполнять путем точечной сварки или на заклепках; щели между патрубком и стенкой кожуха не допускаются.

Части разъемного кожуха вентилятора должны соединяться на картонных или резиновых прокладках.

Кольцевой зазор между валом и боковыми стенками корпусов подшипников не должен превышать 1 мм для всех номеров вентиляторов.

Болты для крепления кожухов к станинам, а также болты для соединения корпусов подшипников должны выступать за гайки на 10—15 мм; концы болтов должны быть гладко запылены.

Концы всех остальных болтов должны выступать за гайки не более чем на 0,5 диаметра болта.

Основные требования к выполнению воздуховодов

Отклонения в размерах воздуховодов не должны превышать величин, указанных в табл. 1.

1. Допускаемые отклонения размеров воздуховодов [1]

Диаметр воздуховода в мм	Допускаемое отклонение	
	периметра от проектного размера в мм	овальности в % от диаметра
До 400	±10	±5
405—880	±15	±4
Св. 880	±20	±3

Средние радиусы кривизны отводов и уток приведены в табл. 2*.

2. Средние радиусы кривизны отводов и уток [1]

Наименование фасонных частей	Круглые воздуховоды		Минимальный средний радиус прямоугольных воздуховодов
	Диаметр воздуховода D в мм	Минимальный средний радиус кривизны	
Отводы с углом 90°	До 265	2,0D	1,5D, где D — ширина вырезаемой по радиусу стенки отвода
	285—375	2,0—1,8D	
	440—495	1,8—1,6D	
	545—595	1,6—1,4D	
	660—775	1,5—1,3D	
	885—1025	1,3—1,1D	
	Св. 1025	1,1—1,0D	
Утки	Принимать по отводам, но не менее 1,5D		

Воздуховоды изготавливаются из кровельной и тонколистовой стали марок Ст. 0—Ст. 3. Воздуховоды, предназначенные для перемещения влажного воздуха, — из оцинкованной стали, а агрессивных сред — из винилпласта или из стали, но с применением защитных покрытий (см. табл. 13, стр. 922).

* О конструкции и изготовлении отводов см. на стр. 918.

Наименьший вес листовой стали для изготовления воздуховодов и их фасонных частей не должен быть меньше указанного в табл. 3.

3. Листовая сталь, применяющаяся для изготовления воздуховодов (ТУ 119-55)

Диаметр воздуховода круглого сечения или размер большей его стороны прямоугольного сечения в мм	Вес 1 м ² листовой стали в кг
До 440	4—4,5
• 775	5—5,5
• 1100	5,5—6,5
• 1540	8
Св. 1540	По указанию проекта

Примечание. Воздуховоды, предназначенные для транспортирования воздуха с температурой 100—200° С, должны выполняться из стали весом не менее 8 кг/м².

На воздуховодах прямоугольного сечения с размером большей стороны свыше 400 мм делаются диагональные перегибы. При размере большей стороны прямоугольных воздуховодов до 600 мм следует устанавливать на равном расстоянии между фланцами или рейками рамки жесткости из полосовой стали 25 × 4 мм. При ширине большей стороны от 800 до 1000 мм рамки жесткости должны устанавливаться из угловой стали 25 × 25 × 4 мм и при ширине большей стороны от 1000 до 1500 мм — из угловой стали 30 × 30 × 5 мм.

Рамки жесткости устанавливаются снаружи воздуховодов и прикрепляются к ним заклепками диаметром 4—5 мм через 200—250 мм, но не менее чем четырьмя заклепками.

Полотна клапанов на воздуховодах должны быть жесткими и правильной формы. Толщина стали для полотен клапанов должна быть не меньше указанной в табл. 4.

4. Толщина стали для полотен клапанов воздуховодов [1]

Диаметр круглого воздуховода или размер большей стороны прямоугольного воздуховода в мм	Толщина стали в мм не менее
До 300	1,0
305—600	1,25
605—1400	1,50
Св. 1400	По указанию проекта

5. Материалы и болты для фланцев воздухопроводов (ТУ 119-55)

Диаметр воздухо- вода или размер его большей стороны в мм	Размер в мм полосе- вой или угловой стали для фланцев		Число болтов во фланцах в шт.	Размеры болтов (диаметр× длину) в мм	Допуски для фланцев	
	круглого сечения	прямо- угольного сечения			Овальность в % от диаметра, предусмотрен- ного проектом	Отклонения периметра или длины окруж- ности в мм
До 120	25×4	25×4	4	6×20	±3	+10
" 265	25×4	25×4	6	6×20	±3	+10
" 375	25×4	25×25×3	8	6×20	±3	+10
" 495	25×25×3	25×25×3	10	6×20	±3	+10
" 595	25×25×3	25×25×4	10	8×25	±2	+15
" 775	25×25×4	30×30×4	12	8×25	±2	+15
" 1025	30×30×4	35×35×5	16	8×25	±2	+15
" 1200	35×35×4	35×35×5	18	10×30	±2	+15
" 1425	35×35×5	40×40×5	22	10×30	±2	+20
" 1540	35×35×5	40×40×5	26	10×30	±2	+20

Примечания: 1. Размер фланца должен быть на 2 мм больше наружного размера воздухопровода.

2. Фланцы, соединяемые с воздухопроводами при помощи сварки, должны быть изготовлены из угловой стали независимо от размера воздухопровода.

Соединение стальных листов в картины при изготовлении воздухопроводов из кровельной стали должно осуществляться на фальцах или на сварке; соединение стальных листов весом более 8 кг/м², как правило, — путем сварки.

Продольные и поперечные фальцы с отсечкой, изготавливаемые механизированным способом, допускается во всех случаях делать одинарными. Продольные фальцы у гофрированного конца воздухопровода после закатки надрезаются на 8—10 мм и отгибаются внутрь на 180°. При диаметре воздухопроводов от 595 мм и выше продольные фальцы должны быть укреплены точечной сваркой или заклепками через 250—350 мм.

При ручном изготовлении фальцы должны быть полуторными или двойными при весе стали до 6,5 кг/м² и одинарными при большем весе (см. фиг. 9 на стр. 913).

Воздуховоды и фасонные части прямоугоньного сечения, изготавливаемые механизированным способом, с периметром сторон до 680 мм выполняются с одним угловым фальцем, при периметре до 1360 мм — с двумя угловыми фальцами, размещаемыми диагонально.

При больших размерах соединение всех граней осуществляется с помощью угловых фальцев.

Проолирку фальцев при механизированном изготовлении воздухопроводов производят после их прокатки.

Замыкающие фальцы звеньев воздухопроводов круглого сечения независимо от веса кровельной стали должны выполняться одинарными и закрепляться заклепками или точечной сваркой.

Соединение звеньев и деталей воздухопроводов производят при помощи плотных фланцев, фальцев и бесфальцевых соединений (табл. 5—7).

6. Размеры припусков для звеньев воздухопроводов на торцовые фальцы [1]

Диаметр воздуховода в мм	Одинарные фальцы		Двойные фальцы	
	Ширина в мм	Размер припу- сков в мм	Ширина в мм	Размер припу- сков в мм
100—495	9	22—23	9	36
545—885	11	26—27	11	43
1025—1540	13	31—32	13	56

7. Длины звеньев воздухопроводов (ТУ 119-55)

Диаметр воздухопровода круглого сечения или размер большей стороны воздухопровода прямоугоньного сечения в мм	Длина звеньев в мм
До 800	До 2800
" 1200	" 2100
Св. 1200	" 1400

Насадку фланцев на воздуховоды, изготовленные из листовой стали толщиной более 1 мм, допускается делать без отбортовки, но с обязательной приваркой фланцев сплошным швом по периметру воздуховода.

Продольные швы смежных элементов воздуховодов из стальных листов надлежит располагать вразбежку.

Звенья воздуховодов, предназначенных для влажного воздуха, следует размещать

Прокладки должны доходить до болтовых отверстий фланца и не выступать внутрь воздуховода.

Зазоры между плоскостями фланцев не должны превышать 2 мм.

Для горизонтальных воздуховодов расстояние между опорами или подвесками принимается равным 4 м при диаметре воздуховода до 400 мм и при диаметре воздуховода более 400 мм, равным 3 м. В зависимости от расположе-

ния воздуховодов в производственном помещении применяются два типа их крепления:

а) укладка на кронштейнах вдоль стен или колонн;

б) подвеска на специальных креплениях к строительным конструкциям или междуэтажным перекрытиям (фиг. 1).

Монтаж воздуховодов начинается с установки кронштейнов и подвесок.

Ремонт вентиляционных установок

Основные неполадки в работе вентиляционного оборудования. Основными неполадками в работе оборудования вентиляционных установок и способы их устранения приведены в табл. 8.

Уменьшение шума и вибрации при работе вентиляторов. Причинами шума и вибрации вентиляционных агрегатов при их работе являются:

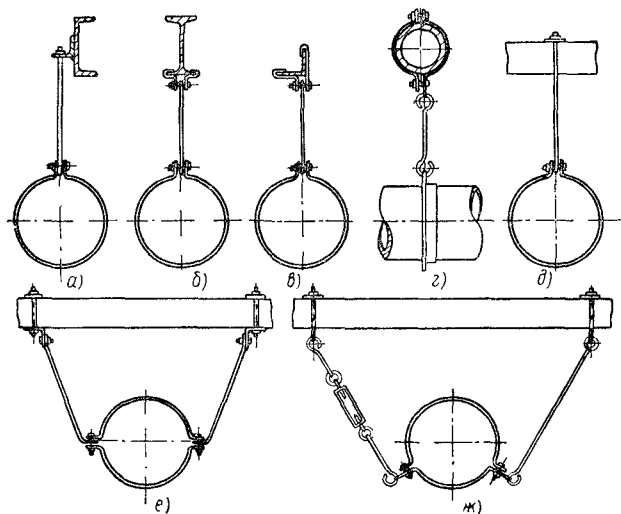
а) большие скорости и резкие изменения направления движения воздуха в центробежном вентиляторе (так называемый аэродинамический шум);

б) дефекты изготовления и сборки вентилятора и электродвигателя (механический шум и вибрация).

Шум передается по сети каналов излучением в окружающее пространство и через строительные конструкции.

Уменьшение шума при работе осевых и центробежных вентиляторов может быть достигнуто за счет следующих мероприятий:

1) тщательной балансировкой (статической и динамической) рабочего колеса вентилятора;



Фиг. 1. Типы крепления — подвески воздуховодов: а — на швеллерной балке; б — на двутавровой балке; в — на уголке; г — на трубе; д — при помощи болта с проушиной; е — крепление двумя растяжками; ж — крепление двумя растяжками с применением стяжной муфты.

так, чтобы в нижней части воздуховодов не было продольных швов.

Поперечные швы в нижней части воздуховодов, транспортирующих влажный воздух, должны быть пропаяны.

Прокладки между фланцами стальных воздуховодов изготавливаются из следующих материалов:

а) для воздуховодов, перемещающих воздух нормальной влажности при температуре до 70° С, — из картона или пряди каната, пропитанных суриковой замазкой;

б) для воздуховодов, транспортирующих пыль или отходы материалов, — из резины или картона, смоченного в воде, проваренного в олифе и покрытого слоем суриковой замазки;

в) для воздуховодов, перемещающих воздух с температурой выше 70° С, — из асбестового картона или асбестового шнура.

8. неполадки в работе оборудования вентиляционных установок и их устранение [4]

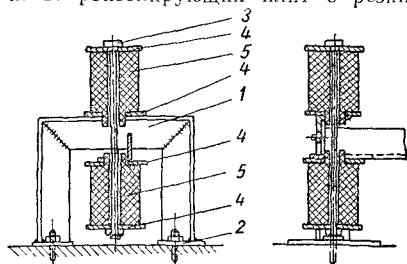
Неполадки	Возможные причины	Способы устранения
Снижение производительности вентилятора и создаваемого им давления	<p>1. Недостаточное число оборотов вентилятора вследствие неправильной установки шкивов, скольжения ремня, установки электродвигателя с малым числом оборотов</p> <p>2. Отсутствие на входном отверстии вентилятора цилиндрического патрубка, большой зазор между патрубком и колесом, вращение колеса в обратную сторону</p> <p>3. Повышенное сопротивление сети вследствие засорения воздухопроводов, фильтров, калориферов, недостаточного сечения отдельных участков воздухопроводов, большого числа местных сопротивлений</p>	<p>1. Проверить число оборотов электродвигателя и вентилятора, устранить скольжение ремня, установить шкивы мотора и вентилятора строго параллельно, шкивку ремней производить без пережоса. Расстояние между осью вентилятора и осью мотора должно быть не менее $5(R_1 + R_2)$, где R_1 и R_2 — радиусы шкивов. Максимальное отношение диаметров шкивов $1:2,5$, а при клинчатой передаче $1:5$ или $1:6$</p> <p>2. Установить патрубок. Переменить направление вращения колеса; проверить зазор между кожухом и колесом (зазор должен быть не более $0,01$ диаметра колеса)</p> <p>3. Очистить все элементы установки от пыли (в обеспыливающих установках не должно быть горизонтальных участков, подсоса воздуха в воздушных участках делать сверху). Проверить перепад давления на отдельных участках воздухопроводов, при необходимости заменить большим сечением</p>
Резкое снижение производительности вентилятора (дает 25—30% номинала)	Несоответствие колеса вентилятора кожуху, ошибка при изготовлении или сборке (например, колесо правого вращения, а кожух левый)	Заменить кожух или колесо
Осевая вентилятор не обеспечивает паспортных показателей работы	Неправильная насадка крыльчатки осевого вентилятора	Насадить крыльчатку таким образом, чтобы воздушный поток двигался на толстую кромку крыла, а не на тонкую
Большая вибрация вентилятора	Плохая балансировка колеса и шкива, плохая сборка подшипниковых узлов, ненадежное и недостаточное крепление болтов, загрязнение вентилятора	Проверить сборку подшипникового узла, закрепить болты, очистить вентилятор. Вновь отбалансировать колесо и шкив, устранив радиальное и осевое биение
Большой шум вентиляционной сети	Вентилятор работает с низким к. п. д., отсутствуют брезентовые муфты на входном патрубке и рамке вентилятора со стороны выхода; установка вентилятора на металлическом основании без прокладок, большое число оборотов вентилятора	Заменить вентилятор (к. п. д. должен быть не ниже 45%). Для приточных и вытяжных систем с постоянным расходом воздуха применять вентиляторы типа ВРН с лопатками, загнутыми назад. Установить брезентовые муфты и резиновые прокладки, снизить обороты вентилятора
Высокая температура подшипников вентиляторов	Недостаточная смазка подшипников, перекос корпуса подшипника, поломка шариков или сепараторов шарикоподшипников	Смазать подшипники, отрегулировать установку корпуса подшипника, разобрать узел и при необходимости заменить шарикоподшипники
Нарушение распределения воздуха по отсосам или приточным насадкам	Наличие больших неплотностей в системе, неправильный выбор диаметра воздухопроводов, неудовлетворительное состояние шиберов, клапанов	Устранить все неплотности в системе, проверить и при необходимости заменить участки воздухопроводов, обеспечить регулярную проверку шиберов и клапанов, при отсутствии указателей положения шиберов установить их
Часто соскакивает ремень со шкива вентилятора	Вентилятор установлен по отношению к электродвигателю неправильно (косо); ослабли болты крепления основания станины вентилятора или электродвигателя	Проверить правильность установки электродвигателя и вентилятора, подтянуть крепежные болты

2) изготовления площадки для электродвигателя осевых вентиляторов из листовой стали или из стали жестких профилей; электродвигатели осевых вентиляторов не рекомендуется устанавливать на кронштейнах из угловой сортовой стали;

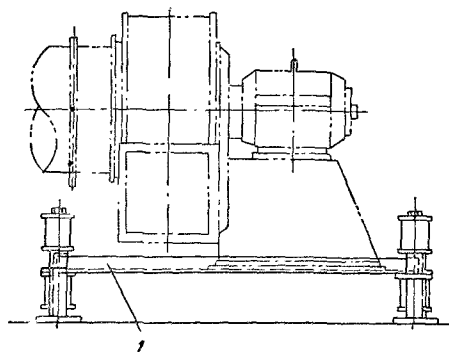
3) установкой электродвигателя на резиновые прокладки;

4) соединением воздухопроводов с вентилятором при помощи мягких вставок (брезентовых, резиновых и т. п.);

5) прокладкой между стойкой вентилятора и полом здания (фундаментом) изоляционных материалов (резины, войлока и т. п.) или установкой железобетонных виброизолирующих плит с резино-



Фиг. 2. Виброизолятор с металлическими стойками и резиновыми амортизаторами ВИР-1 для вентиляционной установки: 1 — металлическая стойка; 2 — подкладки; 3 — стяжной болт с гайкой; 4 — металлические шайбы; 5 — резиновые амортизаторы.



Фиг. 3. Резиновые амортизаторы ВИР-1 под вентиляторы типов ВР и ЦАГИ-СТД-57: 1 — продольные балки из уголков 60×6 мм; 2 — стойки из уголков 50×5 мм; 3 — подкладки; 4 — резиновые амортизаторы (8 шт.); 5 — болты стяжные несущие; 6 — гайки регулировочные; 7 и 8 — наружные и внутренние шайбы.

выми или пружинными амортизаторами (типа МГУ).

Проектно-конструкторской конторой Главсантехмонтажа Министерства строительства СССР в 1955 г. разработаны и испытаны резиновые виброизоляторы

и устройства для их крепления к вентиляционным агрегатам (фиг. 2).

Способ установки вентиляторов на виброизоляторы приведен на фиг. 3.

Количество и размеры виброизоляторов приведены в табл. 9*.

9. Характеристика виброизоляторов под центробежные вентиляторы типа ВР и ЦАГИ-СТД-57

Показатели	№ вентилятора			
	3	4	5	6
Минимальное число оборотов вентилятора в минуту	1000	1000	1000	750
Число резиновых виброизоляторов . . .	4	4	4	4
Диаметр резиновых амортизаторов в мм	50	50	50	70
Суммарная высота верхнего и нижнего резиновых амортизаторов в мм	200	200	200	200

Примечание. Осадка резиновых амортизаторов 0,5—1,4 см; коэффициент уменьшения динамической нагрузки при резиновых амортизаторах 4,9—14,6; удельное давление на резину 0,8—2,1 кг/см².

Литые колеса у осевых вентиляторов создают значительно меньше шума, чем сварные и клепаные.

У центробежных вентиляторов низкого давления такой же эффект дает применение

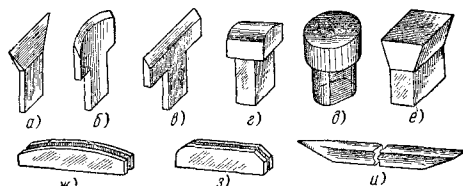
* О применении виброизоляторов см. также в гл. VII "Изготовление и ремонт фундаментов под оборудование", стр. 1043.

ние лопаток, загнутых назад (типа ВРН), создающих меньше шума, чем лопатки, загнутые вперед (типа ВРС и ЦВ-55).

Боковые стенки спиральных кожухов вентиляторов для уменьшения шума снабжают уголками жесткости.

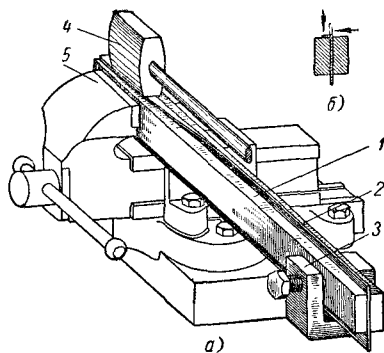
Жестяничные работы при ремонте и изготовлении воздуховодов. Изгибание листового металла. Заготовки из листовой стали изгибают в холодном состоянии под углом в одной или нескольких плоскостях.

Изгибание производят непосредственно на верстаке или с помощью приспособлений, приведенных на фиг. 4, зажатых в тиски, и стальных или деревянных молотков.



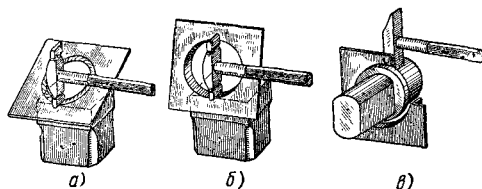
Фиг. 4. Металлические приспособления для гибки листового металла: а — в — скрепки различных форм; г — е — наковальни различных форм; ж и з — парные оправки для фасонной гибки; и — брус-оправка.

Для получения точных отгибов пользуются металлическими оправками (фиг. 5).

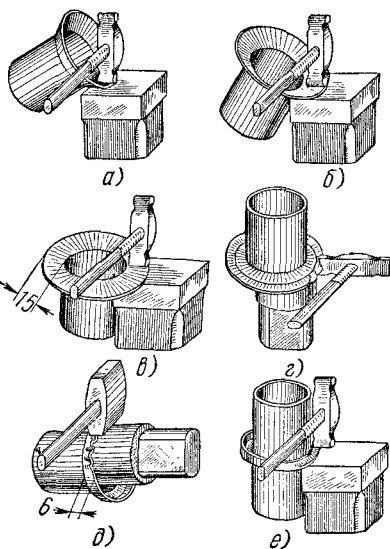


Фиг. 5. Отгиб кромки полосы, зажатой в тисках в парные оправки: а — расположение приспособлений и момент отгибки; б — сечение оправки и момент окончания гибки; 1 — парные оправки, зажатые в тисках; 2 — отгибаемый лист металла; 3 — струбцина, зажимающая второй конец парных оправок; 4 — деревянный молоток; 5 — тиски.

Отбортовка применяется при соединении элементов стальных воздуховодов и других жестяничных изделий. Отбортовку производят жестяничным молотком на наковальне или оправке. Последовательность и приемы выполнения работы по отбортовке различных изделий показаны на фиг. 6 и 7.



Фиг. 6. Отбортовка кромки внутри листа: а — первое положение листа в момент отбортовки; б — выравнивание отбортованной кромки на наковальне; в — доводка кромки до угла 90° на цилиндрической оправке.



Фиг. 7. Применение отбортовки для соединения двух звеньев воздуховода: а — отбортовка до 20° кромки первого звена воздуховода; б — то же до 50° ; в — то же до 90° ; г — сваливание бортика первого звена воздуховода на цилиндрической оправке; д — устранение гофров на бортике; е — соединение первого и второго звеньев воздуховода.

Ширина кромки при отбортовке звеньев воздуховодов в зависимости от веса листового стали и ширины фальца приведена в табл. 10.

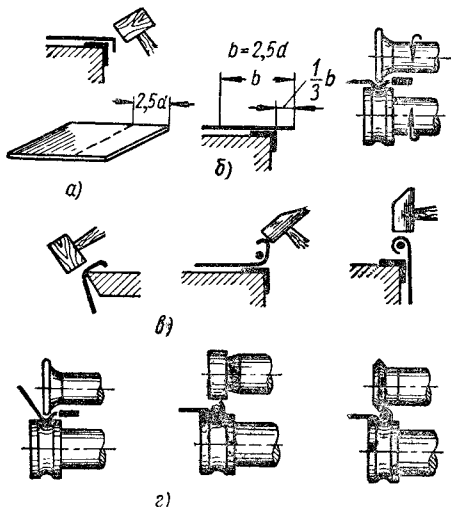
10. Практические данные по отгибам кромок в звеньях воздуховодов

Вид фальца	Вес стали в кг/м ²	Условная ширина поперечного фальца в мм	Отгиб кромки в мм в первом звене	Отгиб кромки в мм во втором звене
Одинарный	3	6	10	4
	4	7	12	5
	5	9	15	7
	6	11	18	9
	8	13	21	11
Двойной	3	6	14	8
	4	7	17	10
	5	9	22	14
	6	11	27	18
	8	13	32	22

Закатка проволоки в кромки изделий обеспечивает значительное увеличение их жесткости. При небольшом объеме работ закатка проволоки производится вручную молотком на угольнике или скребке.

Механизированная закатка проволоки производится на зигмашине.

На заготовке под загибку производят разметку; ширина загибаемой под проволоку кромки не должна превышать более чем в 2,5 раза диаметр проволоки d (фиг. 8); вдоль кромки намечают линию на расстоянии $\frac{1}{3}$ ширины припуска, после чего начинают загибку и закатку.

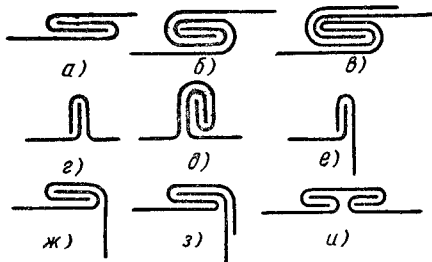


Фиг. 8. Технологическая последовательность приемов ручной и механизированной закатки проволоки: а — разметка заготовки под закатку проволоки; б — разметка кромки на заготовке под загибку; в — последовательность приемов ручной закатки проволоки; г — последовательность приемов закатки проволоки на зигмашине.

Технологическая последовательность разметки заготовки и приемы закатки проволоки вручную и на зигмашине показаны на фиг. 8.

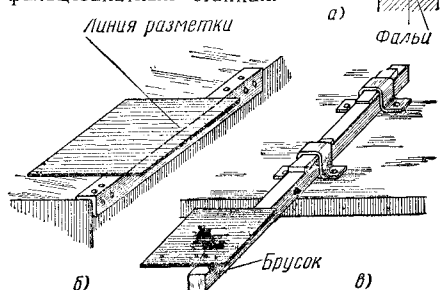
Фальцевые швы являются самым распространенным способом соединения тонких стальных листов.

Фальцевые соединения подразделяются по конструктивному выполнению на одинарные, двойные, комбинированные (полуторные), угловые и реечные, по виду — на лежащие и стоячие, по расположению в изделиях — на продольные и поперечные (фиг. 9).



Фиг. 9. Сечения различных типов фальцевых швов: а — одинарный лежащий; б — двойной лежащий; в — полуторный (комбинированный); г — одинарный стоячий; д — двойной стоячий; е — одинарный угловой; ж — одинарный угловой сваленный; з — угловой комбинированный; и — реечное соединение.

Заготовка фальцев и выполнение фальцевых швов производится вручную деревянным молотком (из дерева твердых пород, при помощи фальцмейселя на угольнике или бруске, закрепленных на верстаке (фиг. 10), или на гибочных, фальцепрокатных и фальцеизготовительных станках.

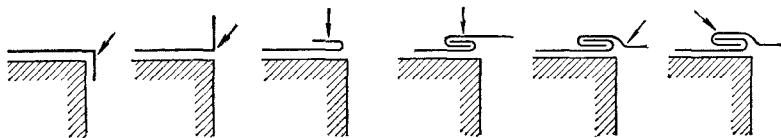


Фиг. 10. Инструмент для ручного изготовления фальцевых соединений: а — фальцмейсель; б — угольник; в — брусок.

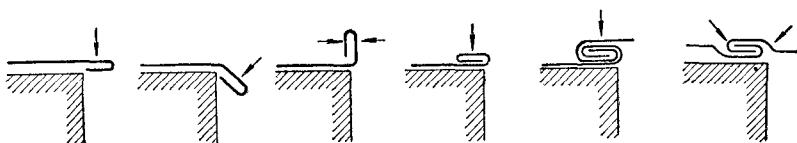
Область применения различных типов фальцев и технологическая последовательность приемов их заготовки приведены в табл. 11.

11. Области применения и технологическая последовательность выполнения различных типов фальцев

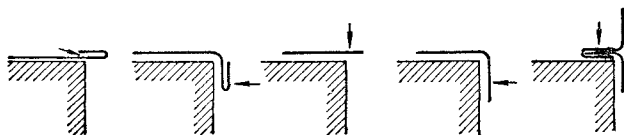
Одинарный лежащий — для продольных соединений, где не требуется особой плотности и прочности



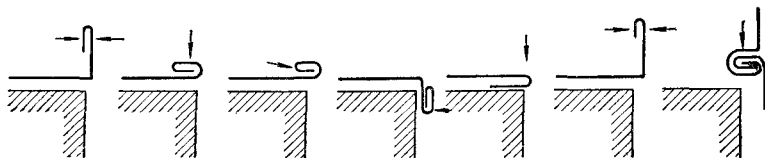
Двойной лежащий — для промежуточных продольных швов и во всех случаях, когда требуется повышенная прочность и плотность соединений



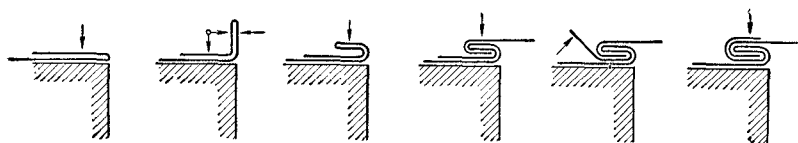
Одинарный стоячий — для поперечных соединений круглых звеньев



Двойной стоячий — для поперечных соединений круглых звеньев с высокой механической прочностью и когда требуется придать изделию наибольшую жесткость

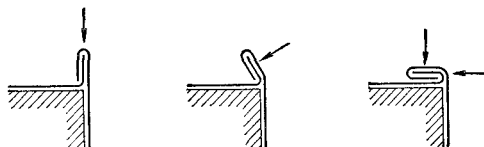


Полуторный (комбинированный) применяется, когда выполнение двойных фальцев затруднено; по механической прочности приближается к двойным фальцам

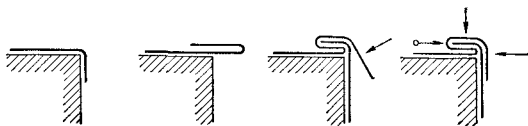


Продолжение табл. 11

Одинарный угловой (сваленный) — для соединений прямоугольных звеньев (в переходных углах) и донных соединений



Полуторный (комбинированный) угловой — для донных соединений и соединений прямоугольных звеньев с более высокой механической прочностью



Реечный — для продольного замыкания, например в переходных тройниках

Последовательность операций для обеих сторон реечного фальца такая же, как при выполнении одинарного лежачего

Примечание. Стрелками показаны направления ударов молотка при гибке или уплотнении фальца.

Заготовка фальцев завершается операцией закатки (сплющивание замка), что придает фальцевым швам плотность и прочность.

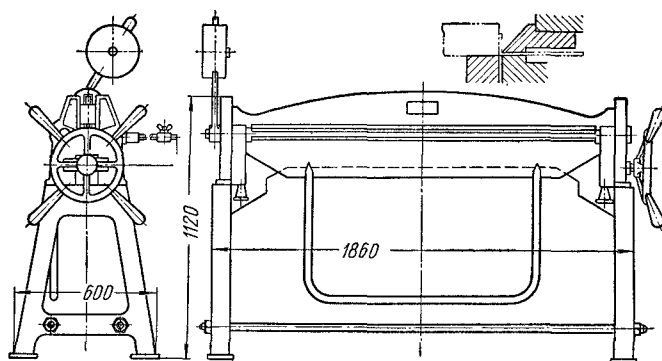
Механизация жестяницких работ обеспечивается применением ручного механизированного инструмента, машин и специализированных станков.

Раскрой листовой стали толщиной до 2,7 мм можно производить с помощью ручных электроножниц (см. раздел «Механизированный ручной инструмент», стр. 420).

Для раскроя листовой стали при выполнении жестяницких работ могут использоваться также приводные гильотинные ножницы, имеющиеся на большинстве машиностроительных заводов.

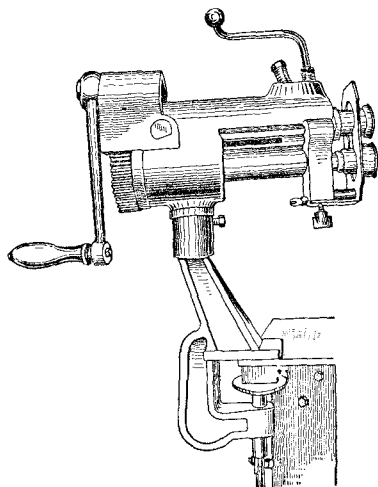
Для изготовления прямолинейных фальцев, перегиба листов кровельной стали и загиба кромок применяют ручной загибочный станок ВМС-51 (фиг. 11).

Для прокатки валиков жесткости, отбортовки кромок, изготовления торцовых фальцев и закатки проволоки служит ручная зигмашина ВМС-71



Фиг. 11. Ручной загибочный станок типа ВМС-51.

(фиг. 12) с набором сменных роликов. Дисковые ножи-ролики позволяют производить резку узких полос стали, а при помощи зубчатых роликов — гофрирова-

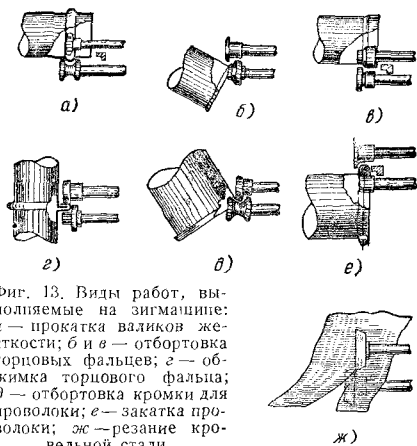


Фиг. 12. Ручная зигмашина ВМС-71.

ние конца круглого воздуховода или фасонной части. Вылет от края листа до ролика в машине ВМС-71 равен 200 мм. Толщина обрабатываемого металла до

толщиной до 2 мм можно пользоваться приводной зигмашинной типа С-237 (фиг. 14).

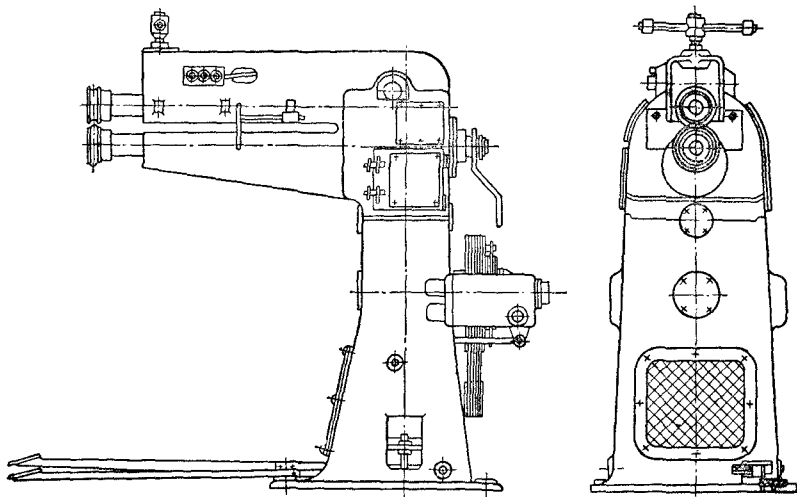
Закатку фальцев можно производить на приводных фальцевзакаточных станках. Закатку продольных лежащих фальцев на



Фиг. 13. Виды работ, выполняемые на зигмашине: а — прокатка валиков жесткости; б и в — отбортовка торцовых фальцев; г — обжимка торцового фальца; д — отбортовка кромки для проволоки; е — закатка проволоки; ж — резание кровельной стали.

звеньях воздуховодов и листах кровельной стали толщиной до 1,5 мм выполняются на станке модели С-241 (фиг. 15).

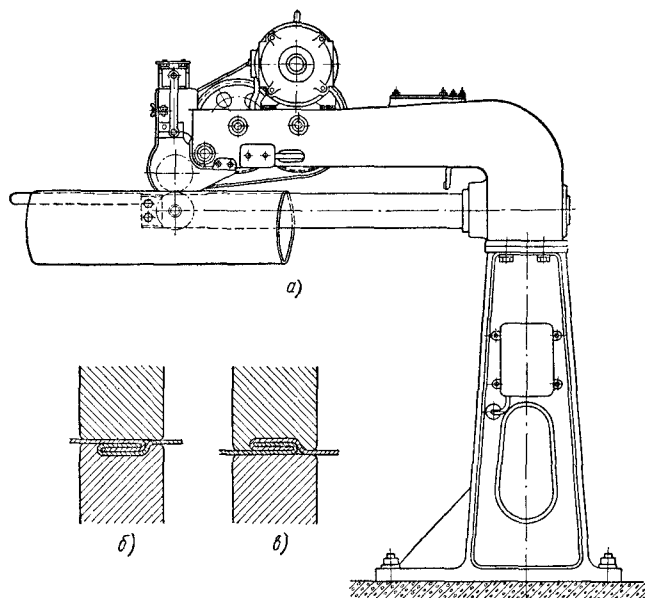
К станкам отечественной конструкции для механизации жестяницких работ



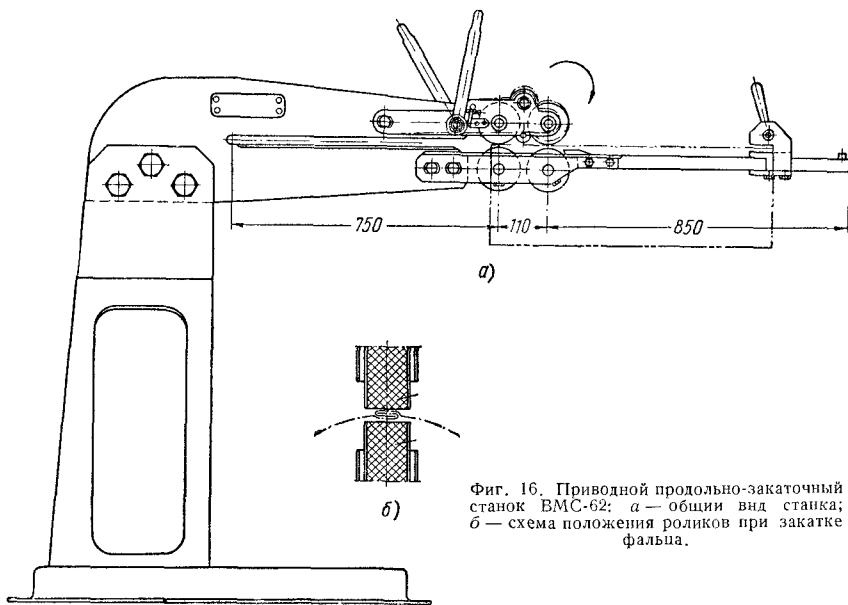
Фиг. 14. Приводная зигмашина С-237.

0,8—1 мм. Основные виды работ, выполняемые на зигмашинах, показаны на фиг. 13. Для обработки листовой стали

относится приводной продольнозакаточный станок ВМС-62 (фиг. 16) конструкции В. И. Шестопалова.



Фиг. 15. Фальцезакаточный станок С-241: а — общий вид станка в рабочем состоянии; б — схема положения роликов при закатке фальца внутрь изделия; в — схема положения роликов при закатке фальца снаружи изделия.



Фиг. 16. Приводной продольно-закаточный станок ВМС-62: а — общий вид станка; б — схема положения роликов при закатке фальца.

Станок предназначен для закатки фальцев на прямых участках воздухопроводов и на составных местах (картинах) из кровельной стали толщиной до 1 мм. Диаметр закатываемых воздухопроводов 180—1100 мм. Максимальная длина закатываемого шва 750 мм. Продолжительность закатки воздухопровода длиной 750 мм 30 сек. Привод от переносного механизма ВМС-12 присоединяется карданным валом к ведущей шестерне станка.

При большом объеме работ для гнутья фланцев круглого сечения применяют фланцегагбочный станок модели ВМС-91.

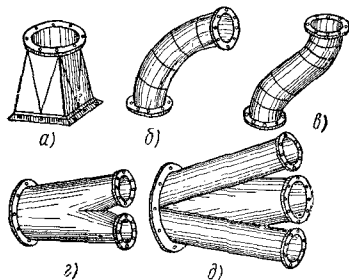
Изготовление фасонных частей воздухопроводов [6]. К фасонным частям воздухопроводов (фиг. 17) круглого и прямоугольного сечения относятся:

а) переход воздухопровода с одного размера на другой или с круглого на прямоугольное сечение;

б) отвод — изменение направления воздухопровода;

в) утка — переходная часть для соединения двух воздухопроводов, расположенных на разных уровнях;

г) тройник — ответвление от главной линии воздухопровода в одну сторону;



Фиг. 17. Фасонные части воздухопроводов: а — переход с прямоугольного сечения на круглое; б — отвод круглого сечения; в — утка круглого сечения; г — тройник круглого сечения; д — крестовина круглого сечения.

д) крестовина — ответвление от главной линии воздухопровода на две стороны.

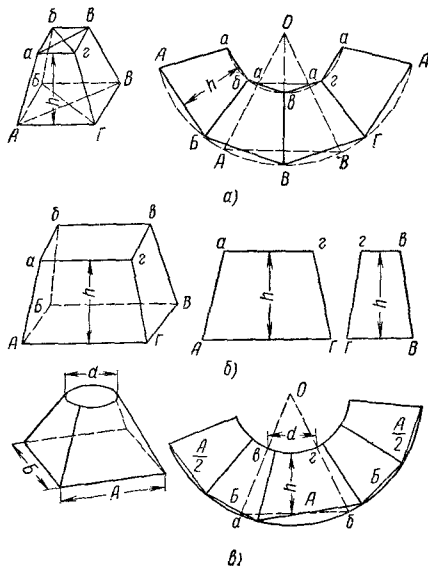
Переходы. Простейшими переходами являются усеченные конусы и пирамиды (фиг. 18, а и б).

Переход с прямоугольного на круглое сечение производят на развертке, как для усеченного конуса (фиг. 18, в).

На развертке откладывают горизонтальный отрезок $a-b$, равный сумме сторон нижнего прямоугольного основания, деленной на величину π ,

$$\text{т. е. } \frac{2(A+B)}{\pi}.$$

Из середины отложенного отрезка $a-b$ перпендикулярно ему проводят линию, на которой откладывают высоту перехода h , проводят горизонтальную прямую



Фиг. 18. Развертки переходов: а — переход с квадратного большого на меньшее квадратное сечение; б — переход с большого прямоугольного на меньшее прямоугольное сечение; в — переход с прямоугольного на круглое сечение.

и на ней откладывают отрезок $в-г$, равный диаметру верхнего основания конуса.

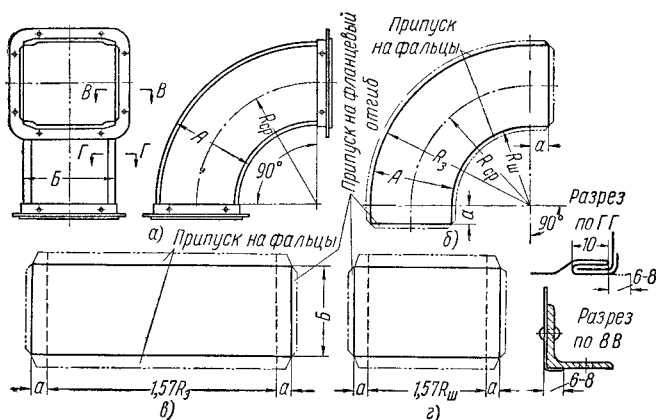
Соединяют точки $a, в$ и $б, г$ прямыми и продолжают их до пересечения в точке O . Радиусом Oa проводят дугу, на которой откладывают последовательно ширину стенок прямоугольного сечения $\frac{A}{2}, B, A,$

B и $\frac{A}{2}$. Затем радиусом $Oв$ очерчивают верхнюю грань развертки и добавляют припуск на фальцы и отбортовку для фланцев.

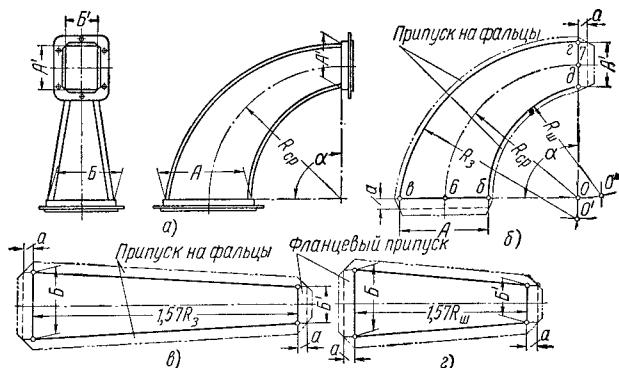
Отводы бывают круглого и прямоугольного сечения, а также могут быть переменного сечения.

Простейшим отводом является отвод круглого сечения. Нормальные средние радиусы кривизны отводов приведены в табл. 2 (стр. 907). Для раскроя звеньев и стаканов отвода изготовляют шаблоны.

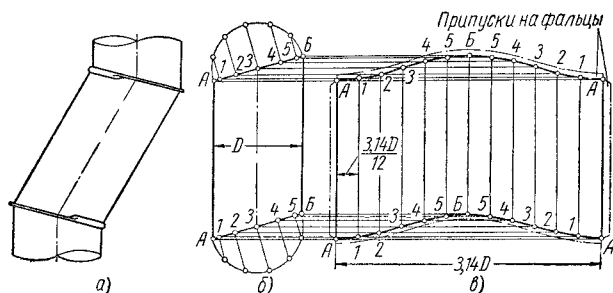
Соединение отводов с воздухопроводами производится на фланцах или на фальцах,



Фиг. 19. Отвод прямоугольного сечения: а — общий вид отвода; б — развертка боковой стенки; в — развертка затылка; г — развертка шейки.



Фиг. 20. Прямоугольный отвод переменного сечения: а — общий вид отвода; б — развертка боковой стенки; в — развертка затылка; г — развертка шейки.



Фиг. 21. Построение утки круглого сечения без промежуточных косых звеньев: а — утка без промежуточных косых звеньев; б — боковой вид прямой вставки; в — развертка вставки.

12. Число звеньев в отводах

Диаметр отвода с углом 90° в мм	Количество звеньев в отводе
До 265	3-2 стакана
• 595	4-2 "
• 775	5-2 "
1025	6-2 "
и более	

Примечание. При отводах с центральными углами, не равными 90°, число звеньев соответственно изменяется.

Отводы прямоугольного сечения (фиг. 19) чаще всего применяются с углами 30, 45, 60, 75 и 90°. Отвод состоит из двух боковых стенок, шейки, затылка и фланцев. Стороны отвода обозначены буквами А и Б. Рекомендуемые радиусы кривизны отводов прямоугольного сечения приведены в табл. 2.

На концах стенки оставляют припуски а для фланца и на фальцевые и фланцевые отгибы.

Длина разверток затылка и шейки соответственно равна $1,57 R_z$ и $1,57 R_{ш}$.

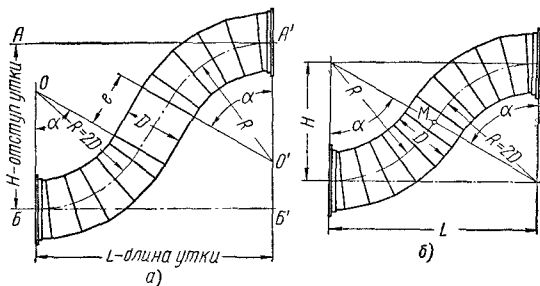
Для соединения отводов рекомендуются комбинированные фальцы. Построение прямоугольного отвода переменного сечения показано на фиг. 20.

У т к и бывают круглого и прямоугольного сечений; по конструктивному выполнению — без промежуточных косых звеньев, с промежуточными косыми звеньями и прямыми вставками или только из косых звеньев.

Основные характеризующие величины утки: длина утки — расстояние по горизонтали между торцовыми обрезами; отступ утки — расстояние между центрами соединяемых воздуховодов; радиус кривизны утки — радиус изгиба (см. табл. 2).

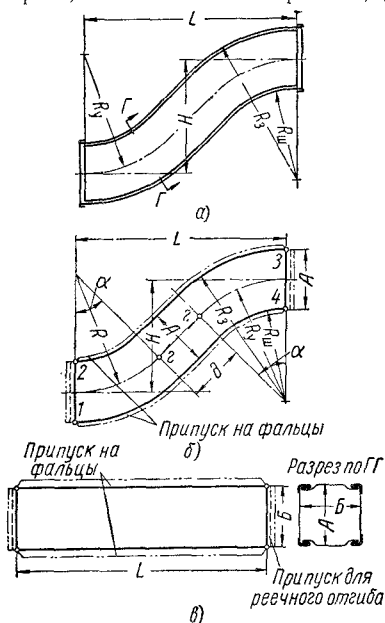
Утка без промежуточных звеньев круглого сечения (фиг. 21) состоит из одной прямой вставки, представляющей собой наклонный цилиндр, построение развертки которого показано на фиг. 21, б и в.

Из точек 3 наклонных АБ описывают полуокружности, делают их на шесть равных частей и из точек деления опускают перпендикуляры на обе наклонные АБ; точки пересечения обозначают цифрами. Рядом строят развертку, делят ее по горизонтали на 12 равных частей и из точек 1—5 на наклонных АБ проводят прямые горизонтальные линии до пересечения с вертикальными. Дальнейшее построение понятно из чертежа. Для раскроя изготовляют шаблон. В практике чаще при-



Фиг. 22. Построение утки круглого сечения с промежуточными косыми звеньями: а — утка с косыми звеньями и с прямой вставкой; б — утка только из косых звеньев.

меняют утки, состоящие из промежуточных звеньев (фиг. 22, а и б). Построение таких уток начинают с нанесения на картине прямых АА' и ББ', на которых откладывают длину утки L. Из точек О и О' радиусом изгиба описывают дуги и строят, как показано на фиг. 21, два



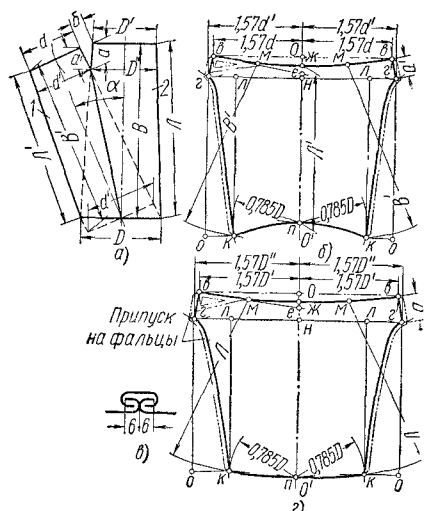
Фиг. 23. Построение утки прямоугольного сечения: а — общий вид утки; б — развертка фасонной стенки; в — развертка боковой стенки.

одинаковых отвода. Радиусы изгиба не должны пересекаться; пересечение их указывает на недостаточную длину утки.

Утки прямоугольного сечения бывают тех же видов, что и круглого сечения.

Построение утки прямоугольного сечения показано на фиг. 23 и сходно с построением отвода прямоугольного сечения.

Тройники собирают из двух полураструбов; основной полураструб 2 (фиг. 24, а), являющийся продолжением линии воздуховода, называется стволом, а боковое ответвление 1 — отростком.



Фиг. 24. Построение реечного тройника круглого сечения: а — общий вид тройника; б — развертка отростка тройника; в — сечение реечного фальца; г — развертка ствола тройника.

Основными размерами тройника являются диаметр нижнего основания ствола D , диаметр верхнего основания ствола D' , диаметр верхнего основания отростка d , высота ствола B , высота отростка B' , угол между осями ствола и отростка α .

При раскрое и изготовлении тройников основные размеры их задаются, а угол α между стволом и отростком принимается от 15 до 35° в зависимости от D . Высота тройников B бывает от $1,5 D$ до $3 D$.

Расстояние между краями верхнего основания ствола и отростка ($б$) зависит от диаметра верхнего ствола (D').

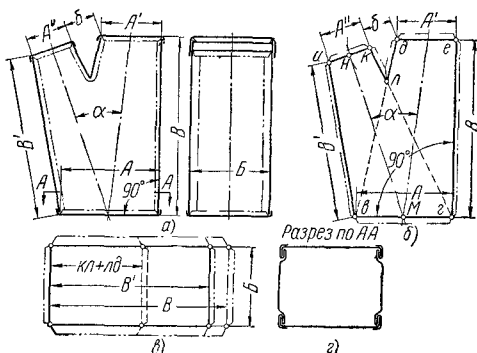
12. Расстояние между краями верхнего основания ствола и отростка у тройников в мм

D'	$б$	D'	$б$
140	60	1025	150
265	70	1100	160
595	85	1200	170
660	110	1325	180
775	115	1425	190
885	130	1540	200

Тройники называются реечными, когда ствол и отросток изготавливают отдельно и собирают при помощи реечного соединения (фиг. 9, и; 24, в), и фальцевыми, когда ствол и отросток соединяют фальцами (фиг. 25, г).

Построение реечного тройника круглого сечения начинают с построения бокового вида тройника (фиг. 24, а) по заданным размерам и вначале вычерчивают ствол.

Построение фальцевого тройника прямоугольного сечения показано на фиг. 25; его начинают с развертки стенки тройника по заданным размерам.



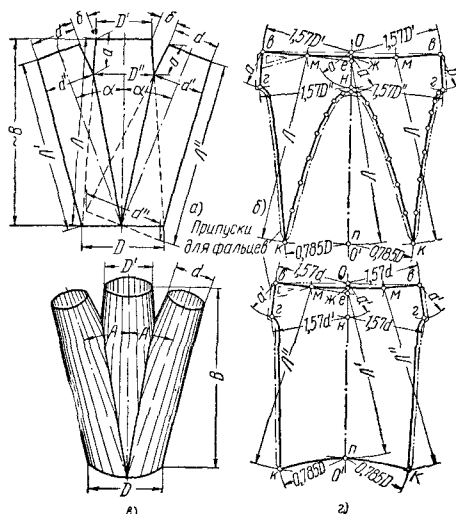
Фиг. 25. Построение фальцевого тройника прямоугольного сечения: а — общий вид тройника; б — развертка боковой стенки тройника; в — совмещенные развертки стенок отростка, ствола и перемишки тройника; г — разрез по АА с указанием фальцевых соединений тройника.

В заводской практике при изготовлении тройников и крестовин их раскрой чаще производят по шаблонам, разработанным для наиболее ходовых диаметров воздухопроводов.

Крестовины состоят из ствола и двух отростков. Основные характеризующие величины крестовины те же, что и тройника. Угол между стволом и отростком делают от 15 до 40° . Построение реечной крестовины круглого сечения с одинаковыми отростками показано на фиг. 26.

Построение начинают с чертежа в натуральную величину бокового вида (фиг. 26, а), с которого берут все данные для построения разверток.

Для крестовины с одинаковыми отростками делают две развертки: одну — для ствола (фиг. 26, б) и одну — для отростка (фиг. 26, г) при построении разверток. Для крестовины с неодинаковыми отростками делают развертки на каждый отросток.



Фиг. 26. Построение реечной крестовины круглого сечения с двумя одинаковыми отрезками: а — боковой вид крестовины; б — развертка ствола крестовины; в — общий вид крестовины; г — развертка отрезка крестовины.

Изготовление крестовин прямоугольного сечения производится так же, как и тройников.

Крестовины прямоугольного сечения изготавливают из шести частей (заготовок).

Предохранение вентиляционных установок от коррозии. В зависимости от газо-воздушной среды, для которой предназначена вентиляционная установка, выбираются материалы для изготовления ее элементов и защитных покрытий. Рекомендуемые типы вентиляторов и защитных покрытий в зависимости от газо-воздушной среды приведены в табл. 13.

Для элементов вентиляционных установок применяются следующие окрасочные материалы.

1. **Влагостойкие** — перхлорвиниловые эмали на хлорбензольном концентрате; краска АЛ-177, густотертые масляные краски, грунтовая масляная краска на железном сурике, масляные краски на цинковых и свинцовых белилах.

2. **Химически стойкие** — перхлорвиниловые лаки марок ОНИЛХ-3, ХСЛ-1 и ПХЛ-93, химически стойкая

13. Выбор вентиляторов и защитных покрытий для различных газо-воздушных сред [1]

Тип вентиляторов	Материалы для защитных покрытий	Температурные ограничения
<i>Газо-воздушная среда с наличием химически активных паров, газов, пылей, всех видов щелочей и кислот</i>		
Кислотостойкие центробежные вентиляторы из винилпласта	Не требуется	Температура до 50° С
Центробежные вентиляторы ЦАГИ с защитой внутренних поверхностей	Винилпласт Полиизобутилен ЦБ и ПБСГ Листовая резина Освинцевание Многослойные покрытия химически стойкими лаками	Температура до 70° С Температура до 100° С То же Температура в зависимости от вида лака
Центробежные вентиляторы (типа дымососов) с защитой внутренних поверхностей	Те же покрытия, что и для вентиляторов ЦАГИ	
<i>Газо-воздушная среда с наличием пожаро- и взрывоопасных веществ</i>		
Взрывобезопасные центробежные вентиляторы	Не требуется	—
<i>Газо-воздушная среда с высокой относительной влажностью</i>		
Любые типы вентиляторов по назначению	Битумные эмульсии, атмосферостойкие лаки и краски	Температура до 50° С
Вентиляторы (типа дымососов)	Жаростойкие лаки и краски	Температура выше 50° С
<i>Газо-воздушная среда с нормальной температурой и влажностью, с наличием химически инертных паров, газов, пылей</i>		
Любые типы вентиляторов	Масляные краски и лаки	—

перхлорвиниловая эмаль марок ПХЭ-93 и ХСЭ-26, битумный лак для холодных грунтовок и смеси битумов 60-200.

3. Жаростойкие — печной лак, термостойкий лак № 177.

Испытание вентиляционных установок

После монтажа и капитального ремонта вентиляционные установки подвергаются техническому испытанию для определения соответствия проекту, производительности установки в целом и отдельных ее частей.

Определению подлежат:

- а) число оборотов вентилятора;
- б) статическое, динамическое и полное давление, развиваемое вентилятором;
- в) производительность вентилятора;
- г) распределение объемов воздуха по отдельным участкам (приточным или душирующим насадкам, вытяжным решеткам, местным отсосам), а также по вытяжным шахтам, проемам в ограждениях и др.;
- д) наличие подсосов или утечек воздуха в отдельных элементах установки (воздуховодах, фланцах, камерах, фильтрах);
- е) температура и относительная влажность приточного воздуха;
- д) скорость воздуха в зоне действия местных отсосов и в зоне действия притока (на рабочих местах).

Для проведения технических испытаний вентиляционных установок необходимо иметь на предприятии комплект контрольно-измерительных приборов (табл. 14).

Отклонения фактической производительности установки от проектной, обнаруженные при техническом испытании, не должны превышать величин, указанных в табл. 15.

Все данные испытания заносят в паспорт установки. Если на основании данных технического испытания будет установлено, что фактическая производительность соответствует проектной, то вентиляционная установка может быть пущена в эксплуатацию до определения ее санитарно-гигиенической эффективности.

Определение санитарно-гигиенической эффективности вентиляции должно производиться по требованию органов санитарного надзора и инспекции ЦК профсоюза при нормальном ходе технологического процесса и при действии в помещении всей вентиляционной системы (механической и естественной).

14. Комплект контрольно-измерительных приборов, необходимых для проведения технических испытаний вентиляционных установок [5]

Наименование приборов	Количество
Термометры со шкалой 50 и 100° С *	10 шт.
Психрометры простые с термометрами до 50° С *	2 "
Водяной U-образный манометр со шкалой до 300 мм.	1 "
Микроманометры (тягомеры) с наклонной шкалой *	2 "
Трубки пневмометрические *	2 "
Резиновые шланги (по два конца длиной не менее 5 м каждый в комплекте)	2 компл.
Счетчик оборотов или тахометр	1 шт.
Анемометр чашечный *	1 "
Анемометр крыльчатый *	1 "
Секундомер.	1 "

* Контрольно-измерительные приборы должны иметь паспорта тарировки.

15. Допускаемые отклонения производительности вентиляторов [5]

Назначение установки	Допускаемое отклонение от проекта в %
Общий приток или общая вытяжка	До ± 15
Местный приток (воздушные души, воздушные завесы)	" ± 15
Местная вытяжка	" ± 10

Примечание. При удалении ядовитой пыли или ядовитых газов отклонения действительных объемов воздуха от проектных в меньшую сторону не допускаются, если по санитарным нормам предельно допускаемые концентрации составляют не более 0,1 мг/л.

Санитарно-гигиенические испытания имеют своей целью определить, обеспечивает ли вентиляционная система цеха или отдельные вентиляционные установки требования санитарных норм:

а) метеорологический режим в рабочей зоне (температура, влажность и скорость движения воздуха (см. т. I, табл. 6 на стр. 738);

б) содержание в воздухе рабочей зоны и в воздухе, выбрасываемом в атмосферу, таких веществ, как газы, пары, пыль, в пределах не свыше допускаемых (см. т. I, табл. 5 на стр. 737).

Санитарно-гигиенические испытания вентиляционных установок могут поручаться предприятием только компетентной лаборатории самого предприятия или специальной организации.

Техника безопасности при эксплуатации и ремонте вентиляционных установок

1. Все вентиляторы должны иметь исправные и надежные ограждения ременных передач или шитки, ограждающие соединительные муфты, неподвижно укрепленные.

2. Выступающие шпонки, болты, гайки и т. д. на вращающихся частях трансмиссий должны быть закрыты гладкими круглыми кожухами. Выступающие концы валов закрываются сплошными кожухами.

3. На всасывающем отверстии всех дутьевых вентиляторов должны быть решетки или сетки.

4. Все электродвигатели вентиляционных установок должны иметь исправное и проверенное заземление, исправную пусковую аппаратуру и кожухи на рубильниках.

5. Во время работы вентиляторов воспрещается производить:

а) смазку подшипников, подтяжку сальников и болтов;

б) чистку и любой ремонт вентиляторов и их электродвигателей (во время чистки и ремонта вентиляторов и их электродвигателей следует вынуть плавкие предохранители для предохранения от случайного пуска электродвигателя).

6. Приспособления для смазки трущихся частей должны быть доступны без удаления ограждений.

7. Надевание и сбрасывание ремней руками на ходу без наводки воспрещается.

8. Крепление воздухопроводов должно быть прочным.

9. Редукционный клапан на паропроводе приточной вентиляции должен быть в кожухе и на замке.

10. При работе вытяжных вентиляторов с вытяжкой окрасочной пыли, содержащей нитролаки, рабочие колеса вентиляторов должны изготавливаться из цветного металла.

11. Для предотвращения взрывов в вентиляционных системах необходимо:

а) разделять установки на небольшие, предпочтительно на один агрегат;

б) в пылесборниках устраивать приспособления для непрерывного удаления собранной пыли;

в) изолировать вентиляционные камеры огнестойкими ограждениями от помещения цеха или чердака;

г) применять взрывобезопасные электродвигатели и вентиляторы из дерева или цветного металла;

д) не допускать объединения в одной вытяжной системе отсосов воздуха, могущих дать воспламенение смеси.

12. Прокладка в воздухопроводах и вентиляционных камерах электрических проводов, трубопроводов, транспортирующих взрывоопасные и горючие газы и жидкости, не допускается.

13. При ремонте установок, обслуживающих оборудование, выделяющее ядовитые пары и газы (цианистые ванны и др.), должны быть приняты особые меры предосторожности — длительная продувка воздуха, проветривание и при необходимости пользование изолирующим противогазом или респиратором; применение специальных рабочих костюмов и резиновых перчаток. В этом случае ремонт должны производить не менее 2 человек.

14. Все работы на высоте более 1,5 м от пола должны производиться на лесах. Прочность и наличие на лесах ограждений (перил, бортовых досок, плотного настила) должны быть предварительно проверены.

15. Лестницы для дежурного обслуживания и ремонтов должны быть прочными, их нижние концы снабжаются металлическими заостренными упорами при работе с деревянного пола или резиновыми наконечниками при работе с бетонного или плиточного пола.

Подъем тяжестей при приставной лестнице воспрещается.

16. При выполнении работ вблизи электрических проводов или электроустановок требуется отключение токоведущих частей либо надлежащее их ограждение.

РЕМОНТ КИСЛОРОДНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Основные типы кислородных установок и принципы их работы

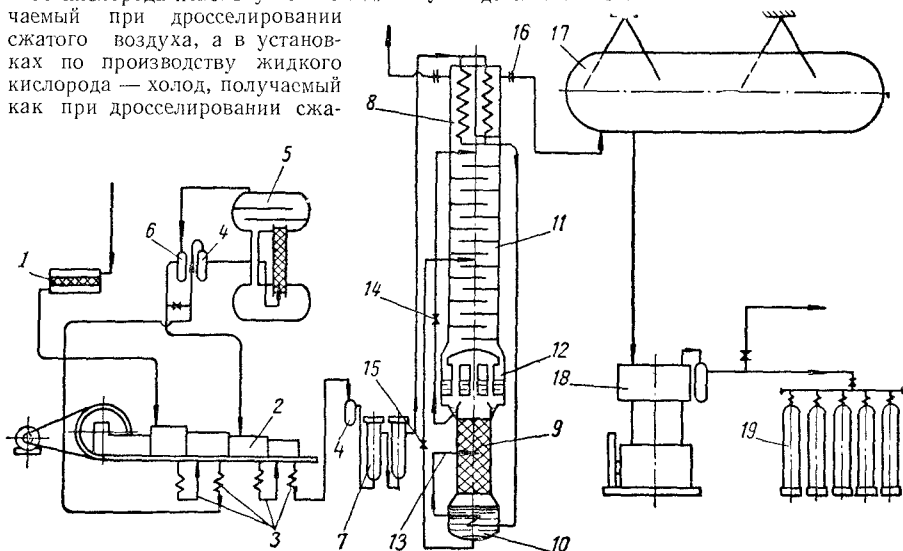
Кислородные установки, вырабатывающие кислород из атмосферного воздуха по методу глубокого охлаждения, по применяемому в них давлению воздуха могут быть разбиты на три группы: установки высокого давления, установки среднего давления и установки двух давлений — высокого и низкого.

Наиболее распространенными кислородными установками высокого давления

являются установки по производству газообразного и жидкого кислорода производительностью 30, 60, 90, 100, 130, 200, 275 и 400 м³/час.

В установках по производству газообразного кислорода используется холод, получаемый при дросселировании сжатого воздуха, а в установках по производству жидкого кислорода — холод, получаемый как при дросселировании сжа-

Пройдя щелочеотделитель 6, воздух попадает в последующие ступени компрессора, где дожимается до 200—220 атм. Перед поступлением в осушительную батарею 7 воздух проходит масло-водоотделитель 4. В осушительной батарее воздух почти полностью освобождается от влаги и поступает в блок охлаждения и разделения на составные части.



Фиг. 27. Схема кислородной установки высокого давления: 1 — воздушный фильтр; 2 — многоступенчатый поршневой компрессор; 3 — промежуточные холодильники; 4 — масло-водоотделитель; 5 — декарбонизатор; 6 — щелочеотделитель; 7 — осушительная батарея; 8 — теплообменник; 9 — нижняя колонна; 10 — испаритель; 11 — верхняя колонна; 12 — конденсатор; 13 — расширительный вентиль высокого давления; 14 — расширительный азотный вентиль; 15 — расширительный кислородный вентиль; 16 — измерительные шайбы; 17 — газгольдер; 18 — кислородный компрессор; 19 — наполнительная раampa.

того воздуха, так и при расширении воздуха в поршневых детандерах с отдачей внешней работы.

Кислородные установки среднего давления, вырабатывающие газообразный кислород, чаще всего бывают производительностью 30, 50, 90 и 200 м³/час; они снабжены детандером или работают с предварительным охлаждением воздуха.

На фиг. 27 приведена схема работы кислородной установки высокого давления. По этой схеме работает наибольшее число кислородных установок в машиностроительной промышленности.

Атмосферный воздух, очищенный в висконном фильтре 1 от механических включений, всасывается многоступенчатым поршневым компрессором 2.

После второй ступени сжатия и охлаждения в промежуточном холодильнике 3 при давлении 12,5—15 атм воздух поступает через масло-водоотделитель 4 в декарбонизатор 5 или скруббер, где происходит поглощение содержащейся в воздухе углекислоты раствором едкого натра.

Блок охлаждения и разделения имеет теплообменник 8, нижнюю колонну 9 с испарителем 10, верхнюю колонну 11 и конденсатор 12. Из теплообменника 8 через расширительный вентиль 13 высокого давления, который устанавливается в такое положение, чтобы воздух дросселировался до давления 2—2,5 атм, воздух поступает в нижнюю колонну 9, из которой через открытые на 15—20 оборотов азотный 14 и кислородный 15 вентили дросселируется до давления 0,15—0,20 атм и по трубопроводам направляется в верхнюю колонну 11.

Из верхней колонны 11 воздух выходит через межтрубное пространство азотной и кислородной секции теплообменника 8 в атмосферу, отдавая свой холод поступающему в теплообменник компрессорному воздуху.

По истечении 4—6 час. прохождения воздуха по системе в испарителе 10 появляется и накапливается жидкий воздух, а через 1,5—2 часа после появления жидкого воздуха в испарителе появляется жидкий воздух в конденсаторе 12. При накоплении в конденсаторе 30—40 см жидкого воздуха приступают к постепенному прикрыванию вентилей 14 и 15. В результате этого жидкий воздух в испарителе обогащается кислородом до 45—55%, а в конденсаторе до 99,2—99,8%. Таким образом, через 10—12 час. охла-

ждения всей системы разделятельного блока наступает период установления нормального технологического процесса разделения воздуха на кислород и азот.

Технологический режим работы блока разделения при производстве кислорода по схеме, приведенной на фиг. 27: давление воздуха до теплообменника 40—70 *ати*; давление в нижней колонне 4,5—6 *ати*; давление в верхней колонне 0,4—0,6 *ати*; содержание кислорода в жидкости испарителя 45—55%; содержание азота в жидкости кармана конденсатора 92—96%; содержание кислорода в жидкости конденсатора 99,2—99,8%; содержание кислорода в газообразном кислороде на выходе из теплообменника 99,2—99,8%; содержание азота в газообразном азоте на выходе из теплообменника не ниже 97%.

Кислородные установки двух давлений (КТ-300-2Д конструкции Всесоюзного научно-исследовательского института кислородного машиностроения) предназначены для производства газообразного кислорода. Однако в них предусмотрена возможность отбора и жидкого кислорода в количестве до 30 *л/час*.

Эти установки отличаются следующими особенностями:

а) в них используется холодильный цикл с двумя давлениями и применяется поршневой детандер, что по сравнению с установками высокого давления дает возможность снизить удельный расход электроэнергии;

б) теплообмен между азотом и воздухом низкого давления осуществляется в регенераторах; это освобождает от необходимости производить осушку и очистку от углекислоты до $\frac{3}{4}$ перерабатываемого воздуха;

в) теплообмен между кислородом и воздухом высокого давления происходит в теплообменнике, что позволяет получать технический кислород;

г) осушка воздуха высокого давления производится в адсорберах, загружаемых твердым сорбентом — активным глиноземом, что обеспечивает минимальное остаточное содержание влаги в осушаемом воздухе;

д) предусмотрена установка фильтра-адсорбера для очистки жидкого обогащенного воздуха от твердой углекислоты, задерживаемой керамиковым фильтром, и от ацетилена, сорбируемого силикагелем.

Основное оборудование кислородной установки высокого давления

Воздушный фильтр предназначен для задержания имеющихся в воздухе механических включений. Сопротивление фильтра в рабочем состоянии

должно быть не более 15,0—20,0 *мм вод. ст.*; очищенный воздух должен содержать механических включений не более 0,15 *мг/м³*; скорость прохождения воздуха через фильтр не должна превышать 0,8—1,1 *м/сек*; применяющаяся для смеси Рашига смазка составляется из смеси масла цилиндрического 2 (60%) и солярового масла (40%); удельный вес смеси не более 0,9; вязкость 3,5—4,0 по Энглеру при $T = 50^\circ \text{C}$.

Воздушный компрессор высокого давления служит:

а) для создания конечного давления и сжатия воздуха до 200—220 *ати* при начальном режиме работы кислородной установки и поддержания рабочего давления 40—70 *ати* в течение рабочей кампании;

б) для выделения основного количества влаги, имеющейся во всасываемом воздухе (в результате уменьшения объема в цилиндрах компрессора).

Очистительные устройства (скрубберы, декарбонизаторы) работают при атмосферном давлении и при давлении от 2,5 до 15 *ати*. Назначением их является поглощение углекислоты, находящейся в воздухе, раствором едкого натра (каустической соды). Пройдя очистительные устройства, воздух должен содержать углекислоты не более 0,002%. Использование раствора каустика допускается до 80—85%. Крепость раствора каустика должна составлять 16—17° Боме и не должна быть ниже 13° Боме.

Осушительные устройства предназначены для поглощения влаги из воздуха, поступающего в разделятельную кислородную колонну, твердым химическим поглотителем — едким натром при начальной работе кислородной установки при давлении 200—220 *ати* и при установившемся рабочем цикле при давлении 40—70 *ати*. Остаточное количество влаги в воздухе после осушительных устройств должно составлять не более 0,6—0,7 *г/м³*.

Блок глубокого охлаждения состоит из теплообменника, нижней колонны, верхней колонны и конденсатора.

Теплообменник обеспечивает предварительное охлаждение воздуха высокого давления, очищенного от механических включений и углекислоты и осушенного от влаги, поступающего в теплообменник с температурой 30—35° С. Охлаждение производится отходящими из колонны азотом и кислородом. Теплообменник состоит из трубок (красная медь) высокого

давления, навитых параллельными рядами с шагом 150 мм и с наклоном 45° на луженый конусный стальной барабан. Сопротивление теплообменника отходящим газам (кислороду и азоту) должно составлять не более 0,3—0,5 *ати*.

Нижняя колонна с насадкой из колец Рашига размером 10 × 10 × 0,15 мм (или ректификационными тарелками), испарителем, азотными карманами и конденсатором служит для первичного разделения воздуха. Давление в нижней колонне 6 *ати*. Толщина стенок колонны 2,0—2,5 мм; изготавливается нижняя колонна из обечаек (красная медь).

Верхняя колонна с ректификационными тарелками разделяет обогащенный жидкий воздух, поступающий из испарителя нижней колонны, на кислород чистотой 99,2—99,8% и газообразный азот чистотой 97,0—98,0%. Верхняя колонна работает при давлении 0,4—0,6 *ати*, изготавливается из обечаек со стенок толщиной 1,0—1,5 мм (красная медь).

Конденсатор монтируется между верхней и нижней колоннами. Трубки конденсатора служат для конденсации азота нижней колонны и одновременно для испарения жидкого кислорода, находящегося в межтрубном пространстве конденсатора. Трубки конденсатора изготавливаются из красной меди размером

6 × 7 мм. Длина и количество трубок зависят от конструкции установки.

Газгольдер представляет собой емкость из прорезиненной ткани для сбора газообразного кислорода, поступающего из блока охлаждения. Газгольдер рассчитывается на 1-часовую производительность кислородной установки и работает при давлении 100—150 мм вод. ст. Для предохранения от разрыва обеспечивается водяным затвором или разрывной мембраной.

Кислородный компрессор служит для сжатия кислорода, засасываемого из газгольдера, работает при наполнении кислородных баллонов до 165 *ати*. Производительность кислородного компрессора рассчитывается по мощности кислородной установки.

Наполнительная кислородная рампа — устройство для присоединения баллонов, подлежащих наполнению кислородом, рассчитывается на одновременное присоединение 10 баллонов. Конечное давление сжатия кислорода в баллоне 150 *ати* при 20° С.

Возможные неисправности кислородных установок

Причины неисправностей кислородных установок, а также способы их устранения приведены в табл. 16.

16. Возможные неисправности кислородных установок и способы их устранения

Неисправности	Возможные причины	Способы устранения
<i>Очистительные устройства (фильтры, скрубберы, декарбонизаторы)</i>		
Большое сопротивление воздушного фильтра	Фильтр загрязнился твердыми механическими частицами (пыль, песок)	Разобрать фильтр, вынуть кассету с кольцами Рашига и заменить ее новой, промытой и смазанной висциновым маслом
Прекращение подачи раствора каустика в верхнюю часть башни скруббера	а) Разрывы или замыкание в электропроводке двигателя центробежного насоса б) Центробежный насос не подает раствора в) Трубопровод забит углекислой содой	а) Проверить предохранители, нагрев корпуса мотора, сопротивление обмотки двигателя б) Проверить все соединения, сальники, прокладки. Заменить дефектные прокладки, вновь набить сальники, проверить подшипники в) Обстучать трубопровод молотком и промыть чистой горячей водой
Воздух не проходит через скруббер	а) Раствор закристаллизован в насадке б) Раствор каустика замерз (в зимнее время)	а) Проверить плотность раствора, и если он чрезмерно крепкий, порядка 18—20° Ве, добавить в скруббер воду б) Бьомонтировать в нижнюю часть скруббера змеевик и пропускать через него пар для обогрева раствора

Продолжение табл. 16

Неисправности	Возможные причины	Способы устранения
Сопротивление теплообменника колоны быстро увеличивается	Плохая очистка воздуха от уголекислоты	Проверить крепость раствора каустика, и если он использован выше 85%, заменить его свежим
В воздушный компрессор забрасывает раствор каустика	а) Влаго-щелочеотделитель переполнен, не продувает вентиль б) Насадка в скруббере забита уголекислой содой в) Скруббер не пропускает раствора („захлебывается“)	а) Остановить центробежный насос скруббера. Отвернуть продувочный вентиль, удалить из влаго-щелочеотделителя раствор каустика и уголекислую соду б) Перепустить раствор из скруббера в бак, промыть насадку чистой горячей водой в) Проверить производительность насоса и заменить его насосом меньшей производительности
Раствор каустика не поступает из контрольного вентилля	а) Забилось отверстие контрольного вентилля б) Уровень раствора каустика недостаточен	а) Прочистить отверстие проволокой б) Добавить новый раствор
Пропускает нижний вентиль для выпуска раствора каустика из декарбонизатора	а) Неплотно закрыт вентиль б) Выбило или разъело прокладку фланцевого соединения	а) Вентиль закрыть б) Разобрать вентиль, заменить прокладки, одновременно проверить состояние клапана и гнезда клапана
Пропуск раствора каустика через люк лаза (нижний барабан)	Выдавило или разъело прокладку	Остановить компрессор, перепустить раствор в бак, спустить давление, вскрыть люк лаза, поставить новую прокладку
Пропуск воздуха через предохранительный клапан	Неисправен клапан	Остановить компрессор, спустить давление, заменить клапан
<i>Воздушный компрессор высокого давления</i>		
Раствор каустика попадает в цилиндр компрессора	а) Обходной вентиль (байпас) при пуске компрессора закрыт б) Обратный клапан на воздухопроводе из декарбонизатора на компрессор неисправен	а) Следить, чтобы во время пуска компрессора обходной вентиль был открыт б) Остановить компрессор, спустить давление, заменить клапан. Трубопровод от декарбонизатора до компрессора промыть чистой горячей водой
Резкий стук при ходе поршня в одну сторону	а) В полость цилиндра между поршнем и одной из крышек (торца) цилиндра попало инородное тело б) Недостаточное вредное пространство (поршень касается крышки цилиндра)	а) Компрессор немедленно остановить. Вскрыть клапанные крышки и вынуть клапаны. Удалить обнаруженное инородное тело. Проверить поршень, крышку, цилиндр б) Компрессор немедленно остановить, проверить вредное пространство свинцовой палочкой, увеличить вредное пространство до нормального (по паспорту компрессора)
Резкий неодинаковый стук в компрессоре при ходе поршня в одну и другую сторону	Ослабло крепление поршня, поршня с крейцкопфом или ослаб вкладки крейцкопфного пальца	Компрессор немедленно остановить. Проверить узел крейцкопфа, затянуть гайки, если это не даст результата, разобрать цилиндры, вынуть поршни, проверить и закрепить соединение поршня

Продолжение табл. 16

Неисправности	Возможные причины	Способы устранения
Появление стука в компрессоре	а) Неправильная установка клапана, ослабление нажимного болта на клапанный стакан б) Выработка крейцкопфного пальца в) Ослаб мотылевый подшипник или выработана шейка г) Выработка шеек вала или ослабли коренные подшипники д) Неправильная посадка маховика	а) Снять клапанную крышку, установить клапан правильно и затянуть нажимной болт б) Палец шлифовать и подогнать (пришарбить) к нему бронзовые вкладыши в) Проверить и подтянуть подшипник, вывести эллиптичность шейки (вручную), если выработка незначительна, подшарбить подшипник г) Проверить шейки вала, проточить их, перезалить подшипники д) Произвести проверку маховика, и если он установлен неправильно, обеспечить правильную посадку
Значительный пропуск воздуха через сальник	Уплотнительные кольца лопнули или износились, пружины смялись, повреждена прокладка, появились риски или выработка штока	Разобрать сальниковое уплотнение, заменить разъемные кольца запасными, шлифовать шток
Неправильное распределение давления между ступенями компрессора	Неисправность клапанного распределения	Остановить компрессор и заменить соответствующий клапан
Степень сжатия первой ступени компрессора снизилась, в последующих ступенях повысилась. Всасывающая труба нагрелась	Всасывающий клапан первой ступени неисправен	Остановить компрессор, заменить всасывающий клапан первой ступени
Резкое повышение температуры воздуха в конце сжатия первой, второй или третьей ступеней компрессора	Неисправен нагнетательный клапан соответствующей ступени	Остановить компрессор, заменить нагнетательный клапан
Падение давления масла на смазку движущихся частей	а) Загрязнился фильтр на всасывающем маслопроводе б) Уровень масла в баке недостаточен в) Разрыв маслопровода г) Подсос воздуха в маслопровод	а) Остановить компрессор, очистить, промыть и продуть фильтр-сетку б) Залить дополнительную порцию масла в) Найти место повреждения и запаять его г) Обнаружить неплотность и устранить ее
Отходящая вода из трубчатого холодильника идет с выбросами воздуха	Неплотность между трубной решеткой холодильника и охлаждающей водой или повреждена трубка холодильника	Остановить компрессор, разобрать холодильник, испытать трубы и пропуски ликвидировать вальцовкой, пайкой, сваркой или заменой труб

Продолжение табл. 16

Неисправности	Возможные причины	Способы устранения
В ванне, где расположен змеевиковый холодильник, появилось бурление воды	Холодильник пропускает	Остановить компрессор, вынуть холодильник. Определить места пропусков воздуха, заварить их. Произвести гидравлическое испытание холодильника. Поставить на место
<i>Осушительные устройства</i>		
Трубка продувочного вентиля осушительного баллона покрывается инеем или льдом	а) Неплотно закрыт вентиль б) Повреждено гнездо клапана или конус клапана	а) Плотно закрыть продувочный вентиль б) Остановить компрессор, спустить давление из осушительной батареи, вывернуть вентиль и заменить его исправным
Продувочный вентиль не продувает при полном открытии	Закупорено выходное отверстие баллона или продувочная трубка углекислой содой	Остановить компрессор, спустить давление. Горячей водой или паром прогреть трубку, если это не даст результата, разобрать осушительный баллон, вынуть гильзу с каустиком и горячей водой промыть баллон
Пропуск воздуха через головку (крышку) баллона	а) Плохо обжаты нажимные болты б) Уплотнение под головкой неравномерно обжато или имеет разрывы	а) Спустить давление и равномерно обжать все болты б) Давление спустить. Отвернуть головку (крышку) баллона и произвести замену уплотняющего кольца (прокладки). Равномерно обжать болты
Обмерзает фланцевое соединение трубопровода	Пропуск через прокладку	Спустить давление. Разобрать фланец, заменить прокладку из красной меди и равномерно затянуть болты фланца
Предварительное замерзание теплообменника кислородной разделительной колонны	а) Твердый каустик увлажнился б) Резиновое кольцо, уплотняющее гильзу с твердым каустиком со стенкой баллона, пропускает, воздух проходит мимо каустика	а) Остановить компрессор, спустить давление, заменить каустик сухим б) Компрессор остановить, спустить давление, отвернуть головку и заменить резиновое кольцо новым
<i>Разделительная (ректификационная) колонна</i>		
Резкое ухудшение анализа отходящего кислорода из верхней части конденсатора. Регулировка технологического процесса не улучшает качества кислорода	Поврежден конденсатор (нарушена герметичность)	Произвести полный отогрев колонны, испытание нижней и верхней колонны в отдельности согласно рабочей инструкции. Определить места пропусков и ликвидировать повреждения путем пайки мягким припоем (ПОС 40; ПОС 30)

Продолжение табл. 16

Неисправности	Возможные причины	Способы устранения
Резкое ухудшение анализа кислорода после теплообменника	Пропуск обечайки теплообменника между азотной и кислородной секциями	Произвести полный отогрев колонны. Испытать межтрубное пространство теплообменника. При наличии пропуска распаять внешнюю обечайку, удалить кислородную секцию теплообменника. Определить места поврежденной мыльной водой, поддерживая в межтрубном пространстве азотной секции давление до 0,4 ат. Определить места пропусков и очертить их мелом. Давление спустить и запаять обнаруженные пропуски мягким припоем (ПОС 40). Испытать обечайку на давление 1,7 ат. Вновь собрать теплообменник и испытать его. Промыть дихлорэтаном и горячей водой. Изолировать и включить в работу
Обмерзание кожуха кислородной колонны	а) Неплотности колонны или коммуникаций б) Влажная изоляция в) Изоляция осела, появились воздушные мешки между колонной и кожухом	а) Отогреть колонну, испытать на плотность. В районе обмерзания кожуха вынуть изоляцию, мыльной водой определить места пропусков, запаять их мягким припоем (ПОС 40), вновь испытать. Заизолировать и пустить в работу б) В местах обмерзания заменить влажную изоляцию сухой во время первого же отогрева, создать плотность изоляции 300—350 кг/м ³ и обеспечить герметичность кожуха аппарата в) Разобрать кожух колонны, добавить сухой изоляции, уплотнить ее, герметизировать кожух (проложить резиновые прокладки)
Расширительный вентиль (воздушный, азотный или кислородный) туго проворачивается	а) Сальниковая набивка чрезмерно уплотнена; накидная гайка сильно затянута б) Сальниковая набивка увлажнена; шпindel вентили прихватывает (примораживает)	а) Ослабить накидную гайку б) Остановить работу разделительной колонны, заменить сальниковую набивку сухой. Проверить поверхность шпинделя, если нужно, отшлифовать вручную
Намерзание снега и льда на щите расположения расширительных вентилей	Неплотность в пайках корпуса вентиля	После полного отогрева разделительной колонны вынуть изоляцию около ремонтируемого вентиля, определить мыльной водой место пропуска и запаять (заварить) дефект
Жидкость в указателе уровня быстро перебегает вверх	а) В указателе уровня имеются пропуски газа в верхней коммуникации б) Конденсатор или испаритель переполнены жидкостью в) Недостаток воды в указателе уровня жидкости	а) Проверить места соединений трубок и сальники мыльной водой. Выявленные дефекты, вызывающие утечку газа, устранить (запаять, сменить прокладки, уплотнить сальники) б) Сработать жидкость до нормального уровня, указанного в рабочей инструкции, или слить излишнюю жидкость в сосуд Дюара в) Закрывать вентили в начале нижнего уровня, а затем верхнего. Добавить через верхнюю пробку в указатель уровня воды до нулевой отметки шкалы

Продолжение табл. 16

Неисправности	Возможные причины	Способы устранения
Жидкость в указателе уровня не поднимается, а стремится вниз при нормально открытых вентилях	Значительные пропуски в коммуникациях от нижних уровней испарителя или конденсатора	Проверить места соединений трубок мыльной водой. Выявленные дефекты, вызывающие утечку газа, устранить. Если пропуск в трубке находится внутри изоляции колонны, перейти на резервную трубку. Пропуски в первой трубке устранять при полном отогреве
Обмерзают предохранительные клапаны верхней и нижней колонны	Имеется пропуск газа через клапан	Проверить положение груза предохранительного клапана. Остановить работу раздельной колонны, спустить давление, проверить клапанное гнездо и сам клапан. Если необходимо, заменить клапан запасным
<i>Кислородный компрессор высокого давления</i>		
В водяной ванне охлаждения цилиндров и холодильников появилось бурление воды	а) Неплотно закреплена крышка цилиндра компрессора б) Пропуск в холодильнике	а) Остановить компрессор, спустить воду из ванны, снять крышку цилиндра, просмотреть прокладку, вновь установить крышку и равномерно закрепить б) Остановить компрессор, спустить воду, отсоединить поврежденный холодильник, заварить повреждение. Произвести гидравлическое испытание на полоторное рабочее давление. Вновь установить холодильник на место
Выброс кислорода из полости цилиндра с характерным свистом	а) Прорвало манжету или износ фибровой манжеты б) Втулка цилиндра имеет выработку	а) Компрессор остановить. Вскрыть цилиндр. Заменить поврежденную манжету, предварительно обезжирив ее б) Втулку цилиндра выпрессовать и расточить или заменить запасной (при сборке все детали должны быть обезжирены)
Резкий характерный свист с выбросом кислорода из цилиндра	а) Сухая манжета, смазка (вода) не попадает в цилиндр а) Дистиллированной воды в расходном бачке нет	а) Немедленно остановить компрессор, прочистить и продуть трубку, подающую воду в цилиндр б) Промыть бачок и залить в него дистиллированную воду
Влагоотделитель не продувается	а) Засорился продувочный вентиль б) В продувочной трубке замерзла влага во время продувки	а) Остановить компрессор, через предохранительные клапаны спустить давление в цилиндрах, заменить вентиль б) Остановить компрессор, продувочный вентиль оставить открытым, прогреть его и продувочную трубку чистой горячей водой
Продувочный вентиль в закрытом положении пропускает	Поч. клапан вентиля попала фибра от манжеты	Остановить компрессор, спустить давление, заменить вентиль
Перегруз на одной из ступеней компрессора	Соответствующий комбинированный клапан неисправен	Остановить компрессор, клапан заменить запасным (обезжиренным)
<i>Холодный газификатор</i>		
Жидкость в указателе уровня беспрерывно и довольно сильно колеблется	Имеются пропуски (неплотности) в запорной арматуре или трубках	Проверить мыльной водой места соединений и ликвидировать замеченные пропуски

Продолжение табл. 16

Неисправности	Возможные причины	Способы устранения
Указатель уровня жидкости не работает	Соединительные трубки замерзли или засорены	Разобрать указатель уровня жидкости и при давлении в газификаторе продуть соединительные трубки; если трубки не продуваются, разрезать тонкой медной проволокой, предварительно обезжиренной и пропущенной, прочистить трубки. Если не удастся прочистить соединительные трубки проволокой, следует перелить жидкость, спустить давление и произвести отогрев всего газификатора
Вентиль выпуска газа в атмосферу не открывается	а) Сальниковая набивка увлажнилась, и шпиндель вентили примерз б) Сильно затянута сальниковая буска накидной гайкой	а) Отогреть чистой, без следов масла и жировых веществ теплой водой шпиндель вентили и попробовать его повернуть; после этого необходимо заменить сальниковую набивку сухой б) Ослабить накидную гайку и проверить мыльной водой наличие пропуска газа
При наличии в газификаторе жидкости газ через отходящий вентиль не проходит	Замерз трубопровод, соединяющий газификатор с вентилем отходящего газа	Перелить жидкость и произвести отогрев газификатора
Пропуск в вентиле наполнения газификатора	Износилось седло или конус клапана	Сработать или слить жидкость, заменить вентиль новым, предварительно проверившим на плотность
При нерабочем положении давление в газификаторе быстро повышается	Увлажнилась или осела изоляция (появились воздушные мешки)	Перелить жидкий кислород, отогреть газификатор, заменить изоляцию сухой и утрамбовать ее до плотности 300—350 кг/м ³ (шлаковая вата)
Газ из реципиента (кислородосборника) поступает в газификатор	Обратный клапан неисправен	Спустить давление в системе; заменить обратный клапан
Отдельные части кожуха газификатора покрыты инеем или льдом	Изоляция осела, увлажнилась из-за неплотностей в кожухе газификатора	Сработать жидкий кислород, отогреть газификатор и полностью заменить изоляцию новой, сухой. Утрамбовать изоляцию до плотности 300—350 кг/м ³ (шлаковая вата)

Смазка кислородного оборудования

Для бесперебойной эксплуатации воздушных компрессоров высокого давления наряду с качеством масел решающее значение имеют правильно установленные режимы подачи масла в цилиндры компрессоров. Обильная смазка цилиндров компрессоров помимо бесцельной траты масла служит источником образования нагара на клапанах, поверхности поршней и стенках трубопроводов.

Применение масел не тех сортов и отклонение от нормального режима смазки

компрессоров может повести к тяжелым последствиям (вспышкам паров масла в трубопроводах, взрывам в цилиндрах компрессоров и т. д.).

Смазка цилиндров кислородных компрессоров производится дистиллированной водой или мыльно-щелочной эмульсией. Ни в коем случае нельзя допускать попадания масла в цилиндры компрессоров и на другие детали, соприкасающиеся с кислородом.

Рекомендуемые смазочные материалы для оборудования кислородных установок приведены в табл. 17.

17. Смазочные материалы, применяемые при эксплуатации оборудования кислородных установок

Основные данные масла	Цилиндры					
	Воздушные фильтры		Воздушные компрессоры		Детандеры	
	Шатунно-кривошипный механизм и подшипники компрессоров	Индустриальное масло марок «30» и «45»	Компрессорное масло марки Т	Масло брайтеток	Масло индустриальное «12»	Масло фригус
Удельный вес	0,938	0,885—0,926	0,88—0,93	0,906	0,876—0,896	0,876—0,896
Вязкость при 100° С	3,5—4,0	4—6,5	2,3—3,0	—	1,86—2,26	2—2,3
Температура вспышки в °С	—	180—190	240	275	165	160
Стабильность к окислению по Слю не более	165	—	20	0,5	—	—
Температура застывания в °С	—20	—	—	—	—30	—40
					Профильтрованная дистиллированная вода с примесью 10% химически чистого глицерина, при полном отсутствии следов масла	Раствор ядрового мыла в дистиллированной воде с добавлением едкого натра; на 10 л воды 1 кг мыла и 500 г едкого натра

Подготовка кислородного оборудования к ремонту

Воздушный компрессор высокого давления. Прежде чем приступить к работам по ремонту воздушного компрессора, необходимо отключить электродвигатель компрессора, снять напряжение и повесить на пусковой аппаратуре предупредительный трафарет «Ремонт, не включать»; давление во всей системе (коммуникациях) довести по показаниям манометров до нуля; открыть все продувочные вентили на масло-влажнотделителях. Самопроизвольное вращение маховика компрессора должно быть исключено; приводной ремень от двигателя к маховику компрессора или тексропные ремни ослаблены или сняты. Должен быть прекращен доступ воды в охлаждающие системы.

Воду из зарубашечных пространств цилиндров, холодильников и баков, в которых размещены холодильники, необходимо спустить или вытравить; удалить масло из картера и масляного бака и вытереть насухо все части компрессора.

Площадка около компрессора должна быть очищена от посторонних предметов и насухо вытерта.

Очистительные и осушительные устройства. К ремонту очистительных и осушительных устройств можно приступить только после того как остановлен воздушный компрессор и снижено до нуля высокое давление во всех коммуникациях путем открытия продувочных вентилей на влагоотделителях, щелочотделителях и осушительных баллонах; раствор каустика из скрубберов и декарбонизаторов слит и твердый каустик из осушительных баллонов удален; скрубберы, декарбонизаторы и осушительные баллоны промыты чистой горячей водой или пропарены.

При подготовке очистительных и осушительных устройств к ремонту необходимо иметь в виду, что твердый каустик (едкий натр) или раствор его, попадая на части тела или в глаза, вызывает серьезные их поражения. Поэтому рабочие, подготовляющие к ремонту очистительные и осушительные устройства, должны быть одеты в брезентовые костюмы, резиновые фартуки, сапоги и перчатки. Глаза рабочих должны быть защищены бесцветными очками. Брюки должны одеваться поверх резиновых сапог во избежание попадания твердого или жидкого каустика внутрь сапог.

В случае попадания каустика на кожу или в глаза рабочего немедленно следует

с помощью ваты удалить каустик, а затем пораженные места промыть 2—3%-ным раствором борной кислоты или 25%-ным раствором уксусной кислоты, а при сильном поражении любой части тела следует немедленно обратиться к врачебной помощи.

Применять при ремонте очистительных и осушительных устройств цветные металлы и их сплавы не разрешается из-за разрушительного действия на них раствора каустика.

Блок разделения воздуха (ректификационная колонна). Ремонт кислородной раздельной колонны может быть разрешен только после того, как жидкий воздух, кислород и азот слиты из раздельной колонны, колонна полностью отогрета и изоляция из кожуха колонны удалена.

Температура сливаемых жидкого воздуха, кислорода и азота от -183 до -195°C . Поэтому соприкосновение с ними, а также с частями аппарата и трубопроводами, где содержится или протекают указанные жидкости, может вызвать обмороживание тканей тела.

Слив жидкостей из колонны должен производиться в сосуды Дюара. Во время слива жидкого кислорода необходимо следить за тем, чтобы одежда и волосы не пропитывались газообразным кислородом во избежание воспламенения их при приближении рабочего к открытому источнику огня (спичка, сварочная горелка и т. д.).

По окончании слива жидких воздуха и кислорода производится отогрев раздельной колонны, для чего подается компрессорный воздух при давлении 25—35 *ати*, предварительно подогретый до температуры 70°C в специальном электрическом или паровом нагревателе.

Отогрев производится с целью удаления твердых частиц углекислоты и льда, отложившихся во внутренних коммуникациях вследствие несовершенной очистки воздуха от углекислоты и осушки его от влаги.

Во время отогрева колонны все продувочные, анализные вентили должны быть открыты для свободного выхода влаги и углекислоты. Останавливаться против открытых вентилях во время отогрева и продувки аппарата нельзя, так как поступающий через них воздух несет частицы льда и твердой углекислоты, которые могут нанести серьезные повреждения оголенным частям тела.

По окончании отогрева аппарата воздушный компрессор останавливается, и давление в аппарате снижается до нуля. Все вентили на колонне закрываются, после чего приступают к удалению изоляционного материала (шлаковой ваты).

Во время удаления шлаковой ваты рабочие должны быть одеты в брезентовую спецодежду, резиновые сапоги с выпущенными поверх них брюками. Рукава, куртка и концы брюк должны быть плотно перевязаны ремнем или тесьмой. Для предупреждения попадания мельчайших частиц пыли в дыхательные пути и глаза рабочие должны пользоваться масками-респираторами. Шлаковая вата должна быть вынесена за пределы ремонтной площадки раздельной колонны.

Слесарный инструмент, применяющийся при ремонте раздельной колонны, должен быть тщательно обезжирен растворителем масла (дихлорэтаном, четыреххлористым углеродом). Руки рабочих и спецодежда не должны иметь следов масла и жировых веществ.

Пол площадки, на которой производятся ремонтные работы, должен быть протерт слабым раствором каустика в воде, вымыт горячей чистой водой и насухо вытерт.

Теплообменник. При замене дефектных трубок высокого давления теплообменника трубки из красной меди подбираются такого же размера, как и заменяемые; перед установкой их подвергают гидравлическому испытанию на давление 330 *ати*. Только после удовлетворительных результатов испытаний выбранные трубки могут считаться качественными.

Соединение отдельных отрезков труб производится вращением с последующей пропайкой этих соединений твердым припоем марки ПМЦ 51.

Качество соединения трубок (отсутствие наплыва припоя, сужения живого сечения трубки) проверяется рентгеновским аппаратом для просвечивания материалов и гидравлическим испытанием на давление 330 *ати*. Дефекты в обечайках теплообменников (пропуски газа) устраняются путем непосредственной пайки мягким припоем ПОС 40.

Отремонтированные обечайки теплообменников испытываются воздухом на давление 1,7 *ати*.

Конденсатор. При разрыве трубок конденсатора последний должен быть подвергнут ремонту. Для производства ремонта конденсатор должен быть демонтирован, обечайка и верхняя крышка отпаяны.

Для определения дефектных трубкок изготовляют специальную конусную стальную обечайку с такими размерами, чтобы она входила на нижнюю и верхнюю трубные решетки. Концы обечайки лудятся и припаиваются к трубным решеткам. Для установки манометра и вентиля для присоединения его к редуктору от баллона со сжатым воздухом к обечайке припаиваются две трубки.

До установки манометра необходимо проволокой проверить проходимость трубки. Конденсатор с обечайкой опускают в ванну с водой. В межтрубное пространство конденсатора подается из баллона через редуктор и установленный вентиль сжатый воздух. По манометру следят за давлением в обечайке, которое не должно превышать 0,8—0,9 *атм*.

Дефектные трубки заменяются новыми, а места пропусков запаиваются мягким припоем (ПОС 40).

Отверстия в трубных решетках и концы новых трубок должны быть тщательно очищены и пролужены. После ремонта все трубки должны быть проверены на проходимость (проволокой), конденсатор обезжирен. После окончательной сборки конденсатор должен быть испытан воздухом при давлении 0,9 *атм*.

Кислородный компрессор. Приступая к ремонту кислородного компрессора необходимо:

а) электродвигатель компрессора остановить, сбесточить пусковое устройство и прикрепить трафарет «Ремонт, не включать»;

б) прекратить подачу дистиллированной воды в цилиндр первой ступени компрессора;

в) открыть вентиль продувки влагоотделителя и по показанию манометров следить, когда давление снизится до нуля;

г) прекратить доступ охлаждающей воды в ванну блока цилиндров и холодильников;

д) слить воду из ванны холодильников. При разборке цилиндрической группы кислородного компрессора должен применяться только обезжиренный слесарный инструмент. Руки рабочих должны быть вымыты чистой теплой водой с мылом.

При ремонте и сборке блока цилиндров кислородного компрессора и трубопроводов, соприкасающихся с кислородом, не должно допускаться наличие даже следов масла или жировых веществ на руках, спецодежде, инструменте и деталях кислородного компрессора, так как масло,

18. Материалы, применяемые для изготовления деталей при ремонте оборудования кислородных установок

Наименование оборудования и деталей	Материал
<i>Воздушный компрессор</i>	
Корпус крейцкопфа . . .	Ст. 2, Ст. 3
Ползуны . . .	СЧ 18-38
Палец . . .	Сталь 15, 20
Поршневые кольца . . .	СЧ 32-52
Клапанные пластины . . .	ЭУ10; ЭУ12; Ст. 6; 38ХА; 30ХГС
Вкладыш пальца крейцкопфа	Бр. А5
Пружины клапана . . .	ПК-I; ПК-II
Шатунные болты . . .	38ХА; 40Х
Обоймы сальника Кранца	Сталь Ст. 2; Ст. 3
Уплотняющие кольца сальника Кранца	Сплав: свинца 80%, олова 12%. сурьмы 8%
	Сплав: олова 89%, сурьмы 7%, меди 4%
Фланцы, крышки, штуцеры, вентили масло-влагоотделителей, декарбонизаторов и осушительных баллонов	Сталь с содержанием углерода до 0,22%, серы до 0,055%, фосфора до 0,005%
<i>Теплообменник</i>	
Стержень	Ст. 2; Ст. 3
Трубки	М3
Обечайки	ЛС62
<i>Нижняя и верхняя колонны</i>	
Обечайки	М3
Трубки	М3
Ректификационные тарелки	ЛС62; М3
Кольца Рашига	ЛС62
Испаритель	М3; ЛС62
Расширительный вентиль	ЛЖМц 59-1-1
<i>Конденсатор</i>	
Обечайка	ЛС62
Трубки	М3
Решетки	Латунь
<i>Кислородный компрессор</i>	
Корпус крейцкопфа . . .	Ст. 2; Ст. 3
Ползуны . . .	СЧ 18-36
Пальцы . . .	Сталь 15; 20
Втулки цилиндров, поршни, крышки цилиндров, клапаны	ЛЖМц 59-1-1
Пружины клапанов . . .	Фосфористая бронза
Пластины . . .	Латунь
Трубы холодильников . . .	М3
<i>Расширительная машина (детандер)</i>	
Цилиндры детандера . . .	Сталь
Корпус клапана . . .	Монель-металл
Клапан	12ХНЗА; ЭИ10
Пружина клапана . . .	ПК-II
Кулачки детандера . . .	Сталь 45
Набивка сальника клапана	Сплав: свинца 80%, олова 12%. сурьмы 8%

интенсивно окисляясь кислородом, может привести к воспламенению или взрыву.

При ремонте блока цилиндров кислородного компрессора и его узлов, соприкасающихся с кислородом высокого давления, замена деталей из цветных металлов черными недопустима. Известны случаи сгорания цилиндров, клапанов, вентиля и других узлов кислородных компрессоров, сопровождавшиеся разрушительными взрывами в результате применения пружин, клапанных пластин, шпинделей и прочих деталей, изготовленных из черных металлов.

Регистрация и периодические освидетельствования кислородного оборудования [1]

Разделительные колонны, а также аппараты, непосредственно связанные с ними, как-то: теплообменники, конденсаторы-испарители, испарительные сосуды и т. п., регистрации в органах Госгортехнадзора или соответствующих республиканских и ведомственных инспекциях не подлежат.

Освидетельствование сосудов, указанных выше, с проверкой их технической документации производится инженером-контролером (инспектором) Госгортехнадзора на заводе-изготовителе. Результаты освидетельствования и заключение о пригодности сосудов к работе заносятся им в линуровые книги.

Освидетельствования указанных сосудов с записью в линуровую книгу производится технической администрацией предприятия периодически в соответствии с требованиями Правил Госгортехнадзора и при проведении капитального ремонта установки с ежегодным пневматическим испытанием рабочим давлением.

За органами Госгортехнадзора сохраняется право контроля выполнения администрацией предприятия требований Правил устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением.

Ремонт кислородопроводов*

Для выполнения ремонтных работ по цеховым и межцеховым кислородопроводам необходимо:

а) снизить до нуля давление кислорода в сети, открыв все продувочные вентили влагоотделителей и вентили на рабочих постах (отсутствие давления проверить по манометру);

б) обеспечить продувку ремонтируемого участка кислородопровода азотом из баллонов (чистота азота должна быть не ниже 96% по объему).

Присоединение азотных баллонов к кислородопроводу для продувки необходимо производить через редуктор. Давление азота в кислородопроводе не должно превышать 3—4 *атм*. Продувку кислородопровода можно считать законченной только после проведенного лабораторного анализа взятого газа из конечного пункта кислородопровода, подтверждающего отсутствия в кислородопроводе кислорода.

После получения заключения лаборатории о возможности проведения ремонта отключают азотные баллоны от кислородопровода, снижают до нуля давление азота в кислородопроводе по показанию манометра и отключают ремонтируемый участок путем разъединения фланцев и постановки заглушек или путем закрытия вентилей.

Кислородопроводы, работающие под давлением до 15 *атм*, изготавливаются из цельнотянутых стальных труб. Толщина стенок труб при воздушной прокладке кислородопроводов должна быть не менее 4 мм и не менее 5 мм у кислородопроводов, проложенных под землей.

Сварка кислородопроводов должна выполняться только дипломированными сварщиками и производиться электродами по ГОСТ 2523-51 (сварочная проволока по ГОСТ 2246-54 или по специальным техническим условиям)*.

При замене отдельных дефектных участков кислородопровода новыми трубами последние должны быть тщательно очищены от грязи, обезжирены четыреххлористым углеродом и продукты азотом чистойстой не ниже 96% по объему.

Кислородопроводы высокого давления (от 15 *атм* и выше) изготавливаются из цельнотянутых труб из красной меди по ГОСТ 617-53. Материалы, применяемые при ремонте кислородопроводов высокого давления, должны соответствовать ГОСТ 1534-42. Применение труб и деталей арматуры из черных металлов на кислородопроводах высокого давления не допускается.

Ремонт кислородопровода высокого давления производится сварщиками, сдавшими испытания в соответствии с Правилами испытания электросварщиков и газосварщиков, утвержденными Госгортехнадзором.

* О технологии выполнения труборемонтных работ см. в разделе „Трубопроводные работы“ (стр. 465).

* Допускается применение присадочного материала того же химического состава, что и основной материал.

После проведения ремонта кислородопровода высокого давления последний подвергается гидравлическому испытанию согласно существующим Правилам устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением, утвержденным Госгортехнадзором.

19. Трубы, применяемые для изготовления и ремонта кислородопроводов среднего давления

Марка стали	ГОСТ	Рабочее давление в кгс/см^2 , не более
МСт. 2	4015-52	16
МСт. 3	4015-52	16
Марки стали выбираются по ГОСТ 380-50 и 1050-52	3262-55 усиленные	16

РЕМОНТ АЦЕТИЛЕНОВЫХ УСТАНОВОК

Основные типы ацетиленовых генераторов и принципы их работы

Ацетиленовые генераторы разделяются: по производительности — на генераторы с номинальной производительностью 0,3; 1,25; 3; 5; 10; 20; 35; 50; 75 и 100 $\text{м}^3/\text{час}$; по роду установки — на стационарные генераторы и передвижные.

По давлению вырабатываемого ацетилена генераторы разделяются на генераторы с предельным давлением до 0,1 кг/см^2 включительно (низкого давления), на генераторы с давлением до 1,5 кг/см^2 (среднего давления) и на генераторы давлением свыше 1,5 кг/см^2 (высокого давления). По способу приведения во взаимодействие карбида кальция с водой и по способу регулирования выработки ацетилена — на пять систем:

- 1) «карбид на воду»;
- 2) «вода на карбид»;
- 3) вытеснения воды;
- 4) погружения карбида;
- 5) с получением сухой извести.

Все ацетиленовые генераторы независимо от способа соприкосновения карбида кальция с водой, производительности, давления вырабатываемого ацетилена имеют следующие основные части: газообразователь, газосборник, предохранительное устройство, препятствующее повышению давления свыше допускаемого, и предохранительный водяной затвор, защищающий ацетиленовый генератор от проникновения в него пламени при обратном ударе, а также кислорода и воздуха со стороны отбора газа.

Генераторы системы «карбид на воду» имеют наиболее сложную конструкцию и значительные размеры. Они расходуют много воды и как следствие имеют большой сброс известкового молока. Подача карбида кальция происходит автоматически в зависимости от расхода ацетилена. К. п. д. генератора находится в пределах 95—98%.

Генераторы системы «вода на карбид» конструктивно более просты, но к. п. д. их несколько ниже (83—93%). Подача воды регулируется автоматически в зависимости от отбора ацетилена.

Генераторы системы вытеснения воды и погружения карбида основаны на получении ацетилена в результате взаимодействия карбида кальция с водой, осуществляемого их прерывистым соприкосновением. Регулирование производится изменением продолжительности соприкосновения карбида кальция с водой. В генераторах системы вытеснения воды подвижным является уровень воды, а в генераторах системы погружения карбида — заряд карбида.

В генераторах системы с получением сухой извести вода подается в виде брызг или пара на куски карбида кальция; отходы получают в виде порошкообразного гидрата окиси кальция. Регулирование осуществляется изменением количества подаваемых карбида кальция и воды*.

Наиболее распространенными в машиностроительной промышленности являются генераторы для производства ацетилена из карбида кальция, работающие по принципу «вода на карбид».

Общий вид ацетиленового генератора этого типа показана на фиг. 28. Карбид кальция загружается в корзину, которая помещается в реторту 1. Реторты закрываются крышками при помощи траверс 2.

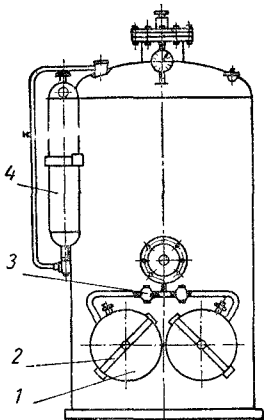
При открытии крана 3 вода поступает в одну из реторт.

* Технические характеристики ацетиленовых генераторов см. в разделе «Сварка и наплавка» (стр. 45).

В результате воздействия воды на карбид кальция выделяется ацетилен C_2H_2 , который поступает в газоборник.

Ацетилен проходит через воду, находящуюся в корпусе генератора, охлаждается там и через водяной затвор 4 поступает в сеть завода.

Работа генератора регулируется автоматически. При установившемся отборе ацетилена



Фиг. 28. Ацетиленовый генератор:
1 — реторта для корзины с карбидом кальция; 2 — траверса; 3 — водяной кран; 4 — водяной затвор.

карбид, находящийся в реторте, смочен водой настолько, что вполне поспевает текущий расход газа, вследствие чего давление в генераторе остается постоянным.

При снижении расхода ацетилена давление в генераторе повышается, в результате чего часть воды отбрасывается от карбида, и газообразование замедляется.

При повышении расхода ацетилена давление в генераторе понижается, и вода через регулятор подачи поступает в реторту.

Генератор должен быть обеспечен предохранительным клапаном, манометром и разрывной мембраной.

Ремонт ацетиленовых генераторов

Ремонт оборудования ацетиленовой станции может производиться только при условии прекращения работы всех установленных в ней генераторов. Ацетиленовые генераторы, подлежащие ремонту, готовятся следующим образом:

1) из генераторов, компрессоров, газодувок, газгольдеров и коммуникаций станции ацетилен должен быть выпущен в атмосферу;

2) выгружен карбидный ил из газообразователей;

3) выгружен гератоль из химических очистителей и очистители изолированы от остальных аппаратов;

4) генераторы и коммуникации должны быть заполнены водой до возможного высшего уровня с сохранением этого объема воды в течение 10—15 мин., после чего вся вода должна быть слущена; заполнение водой генераторов и коммуникаций должно производиться не менее 3 раз;

5) генераторы и коммуникации ацетиленовой станции должны быть продуты азотом чистотой не ниже 96%; выпуск азота в атмосферу из всех верхних точек оборудования должен производиться через общую или специально подведенную вытяжную вентиляционную систему;

6) разобраны все соединения, открыты все люки и продувочные краны;

7) тщательно очищены от карбидного ила и промыты внутри и снаружи части генераторов, подвергаемых ремонту.

До начала ремонта, связанного со сварочными работами, должно быть получено разрешение местного пожарного надзора и заключение центральной лаборатории завода о полном отсутствии в помещении ацетиленовой станции взрывоопасной ацетилено-воздушной смеси.

Весь ремонтный персонал перед началом ремонта должен быть проинструктирован о необходимых мерах безопасности.

При ремонте ацетиленовых генераторов должен применяться инструмент из латуни, алюминия и других металлов, не дающих искробразования при ударах.

При изготовлении арматуры ацетиленовых генераторов или при проведении ремонтных работ применение деталей из меди и сплавов, содержащие меди в которых превышает 70%, не допускается ввиду возможного сбраживания взрывчатой ацетиленистой меди.

Также не допускается применение серебряных припоев при ремонте ацетиленовой арматуры, так как ацетилен при взаимодействии с металлическим серебром способен образовать взрывчатое ацетиленистое серебро.

Возможные неисправности ацетиленового генератора

В табл. 20 указаны возможные неисправности ацетиленового генератора ГВР-3 и способы их устранения.

Регистрация, периодические освидетельствования и проверки ацетиленовых генераторов и станций

Все ацетиленовые генераторы, в том числе и передвижные, перед пуском в эксплуатацию подлежат регистрации в местной инспекции охраны труда.

20. Возможные неисправности ацетиленового генератора ГВР-3

Характер неисправности	Причина	Способ устранения
Прекратилась подача воды в реторту	Загрязнена сетка фильтра водоподводящей трубки регулятора подачи воды или загрязнен регулятор подачи воды	Снять регулятор подачи воды, вынуть, промыть и продуть сетку фильтра. Регулятор подачи воды снять, промыть и установить на место
Давление в генераторе резко растёт и начинается сброс газа через предохранительный клапан	Закупорило карбидным илом отверстие между реактивной камерой и объемом одной из реторт	При перезарядке реторты прочистить отверстие
Ацетилен из реторты попадает в водоподводящую систему	Обратный клапан пропускает	Выпустить ацетилен из генератора, продуть генератор азотом, разобрать и прочистить обратный клапан
Вода из водяного затвора попадает в горелку	Затвор переполнен водой; подключены горелки больших номеров; затвор по своей производительности не соответствует расходу	Спустить воду до контрольного краника; отключить часть горелок; замесить водяной раствор затвором большей производительности
Разорвало предохранительную мембрану водяного затвора	Обратный удар	Заменить дефектную мембрану новой

Ацетиленовые станции перед их пуском должны быть осмотрены представителем Государственного пожарного надзора и инспектором охраны труда в целях проверки соответствия требованиям данной инструкции.

На каждую ацетиленовую станцию и каждый стационарный ацетиленовый генератор должен иметься паспорт.

Газообразователи и газгольдеры генераторов среднего давления с рабочим давлением выше 0,7 *ати* подлежат регистрации в местной инспекции Госгортехнадзора.

На каждый из этих аппаратов при регистрации в инспекции Госгортехнадзора на основании паспортов этих аппаратов заводится шнуровая книга.

Осмотр ацетиленовых станций и ацетиленовых генераторов должен производиться инспектором охраны труда не реже 1 раза в год. О результатах осмотра инспектором должны быть сделаны записи в паспортах генераторов и станций.

Газообразователи, газгольдеры и осушительные батареи, работающие под давлением выше 0,7 *ати*, подлежат периодическому осмотру инспектором Госгортехнадзора и гидравлическому испытанию в соответствии с действующими правилами.

Профилактические осмотры проверки и промывки генераторов и отдельных их узлов следует производить в следующие сроки:

а) общий профилактический осмотр — 1 раз в 3 мес.; при общем профилактическом осмотре, а также при каждом вынужденном ремонте тщательно проверять арматуру генератора и устранять неплотности в соединениях, пропуски газа в вентиллях и кранах; поверхности ходовых резьб смазывать универсальной низкотемпературной смазкой УН (вазелин технический) по ГОСТ 782-53;

б) промывку клапана и сетки водяного затвора для генераторов типов ГВР и ГВД-0,8 производить 2 раза в месяц, в том числе 1 раз с полной разборкой, чисткой, промывкой и проверкой надежности уплотнения;

в) промывку и осмотр водяных затворов к генераторам РА, МГ и ГНВ-1,25 1 раз в месяц; при осмотре затворов к генераторам МГ и ГНВ-1,25 проверить, не деформировалась ли шайба, служащая рассекателем; при обнаружении деформации шайбы приварить новую;

г) чистку сетчатых фильтров у регулятора подачи воды для генераторов типа ГВР производить 1 раз в месяц;

д) пружинные манометры, устанавливаемые на корпусе генераторов типа ГВР и ГВД, должны ежегодно проверяться уполномоченным Комитета стандартов мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР. На годных к употреблению манометрах после проверки ставится клеймо или пломба с датой испытания; манометры с истекшим сроком годности не должны допускаться к эксплуатации.

Смена разрывных предохранительных мембран у затворов и на корпусе генераторов типа ГВР производится в случае их повреждения. Если повреждение мембраны произошло на затворе, то необходимо отсоединить последний от генератора, перекрыв вентиль водяного затвора. Менять разрывную мембрану, установленную на корпусе генератора, следует после разложения загрузки карбида кальция.

Материал для предохранительных мембран должен быть подобран из имеющихся сортов фольги или других материалов, но не из меди и медных сплавов, содержащих более 70% меди. Для предохранительных мембран может употребляться фольга листовая оловянная и свинцовая, плакированная оловом (ГОСТ 1327-47); фольга капсюльная листовая оловянная и свинцовая, плакированная оловом (ГОСТ 1328-47); фольга алюминиевая рулонная для технических целей (ГОСТ 618-50) толщиной 0,02—0,03 мм. При отсутствии такой фольги можно использовать два слоя полистирольной ленты (ТУ МХП 2483-51) [15].

Ремонт и испытания ацетиленопроводов *

Ацетиленопроводы, работающие при давлении до 1,5 *ати*, должны иметь минимально возможный диаметр, исходя из допускаемых потерь давления. Во всех случаях этот диаметр не должен превышать 50 мм.

Ацетиленопроводы, работающие при давлении выше 1,5 *ати*, должны иметь диаметр не более 15 мм.

Ацетиленопроводы изготавливаются из стальных цельнотянутых труб (см. табл. 21). Толщина стенок ацетиленопровода определяется расчетом, однако при надземной прокладке ацетиленопровода его стенки должны быть не менее 4 мм, а при подземной — не менее 5 мм.

Ремонт ацетиленопровода может производиться только после тщательной про-

21. Трубы, применяемые для изготовления и ремонта ацетиленопроводов

Марка стали	ГОСТ	Рабочее давление не более кгс/м ²
МСт. 3 спокойная	4015-52	50
10, 20 спокойная	301-50	50

дувки его азотом чистотой не ниже 96% по объему.

Сварка трубопровода должна производиться сварщиками, сдавшими испытания, предусмотренные Правилами испытания электросварщиков газосварщиков, утвержденными Госгортехнадзором. Для сварки ацетиленопроводов должны применяться качественные электроды по ГОСТ 2523-51 и качественная присадочная проволока по ГОСТ 2246-54.

Применение для ремонта ацетиленопроводов меди и ее сплавов, серебряных припоев запрещается во избежание образования взрывоопасных соединений.

Давление испытания внешних (межцеховых и цеховых) ацетиленопроводов определяется по формуле $p_u = (p_p + 1) 13 - 1$, где p_u — давление испытания в кг/см²; p_p — максимальное рабочее давление в кг/см²; 13 — коэффициент, учитывающий возможность повышения давления при обратном ударе.

Выпускаемые специализированными заводами затворы закрытого типа и влагонесборники ацетиленового оборудования испытываются по указанной выше формуле.

Все трубопроводы внутри ацетиленовой станции (до затвора, предназначенного для питания сети) должны быть подвергнуты гидравлическому испытанию на давление, равное полутора кратному рабочему давлению.

Периодическое гидравлическое испытание ацетиленопроводов производится 1 раз в 5 лет. Пневматическое испытание газобразным азотом производится 1 раз в квартал на давление 3 *ати*. Ацетиленопровод считается выдержавшим испытание, если утечка газа не превышает 0,5% в час от объема газа в трубопроводе в начале испытания. Величина утечки определяется по формуле

$$v = \frac{100}{A} \left[1 - \frac{p_k (273 + t_n)}{p_n (273 + t_k)} \right],$$

где v — искомая часовая утечка в %; A — время испытания трубопровода в час.; p_k и p_n — абсолютное давление в тру-

* О технике выполнения трубопроводных работ см. в разделе „Трубопроводные работы“ (стр. 465).

бопроводе в начале и конце испытания в кг/см^2 или в мм вод. ст.; t_k , t_n — температура газа в трубопроводе в начале и в конце испытания в $^{\circ}\text{C}$.

Во всех испытаниях и при составлении актов должны участвовать представители отдела главного энергетика или главного механика, техники безопасности, местного органа пожарного надзора, организации или цеха, выполнившего монтаж или ремонт, и цеха, осуществляющего эксплуатацию.

РЕМОНТ КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Общие сведения

Котельным агрегатом называют совокупность следующих основных элементов: топки, собственного котла (испарительной части), пароперегревателя, водяного экономайзера, воздушного подогревателя, обмуровки с каркасом, арматуры и топочнокотельной гарнитуры.

Водяным экономайзером называется устройство котельного агрегата, в котором происходит подогрев питательной воды за счет тепла дымовых газов.

Пароперегревателем является устройство, служащее для перегрева насыщенного пара и повышения температуры пара. В современных котельных установках, как правило, производят перегретый пар. Насыщенный пар производят реже, он применяется для отопительных целей и для удовлетворения технологических нужд.

Для повышения интенсивности процесса горения в ряде топок котлов применяется горячее дутье. В этом случае весь воздух, подаваемый в топку, или часть его подогревается в специальном устройстве — *воздухподогревателе* за счет тепла дымовых газов (до температуры 150—400 $^{\circ}\text{C}$).

Котельной установкой называют совокупность котельного агрегата с его вспомогательным оборудованием — вентиляторами, дымососами, водо- и паропроводами, воздухо- и газопроводами.

Паровые котлы

Паропроизводительностью котла называется количество пара, производимое котлом в час.

Номинальной (максимально длительной) *паропроизводительностью* парового котла называется наибольшая паропроизводительность, которую котел должен обеспечивать в длительной эксплуатации

с соблюдением стандартных параметров пара.

Рабочим давлением пара на выходе из котла называется наибольшее давление перегретого пара непосредственно за главной парозапорной задвижкой (или вентилем), расположенной за пароперегревателем и регулятором перегрева при наличии его на котле.

При отсутствии пароперегревателя рабочее давление пара на выходе из котла принимается равным давлению пара в барабане котла.

Температурой перегретого пара, или температурой пара на выходе из котла, называется температура, измеренная непосредственно за главной парозапорными задвижкой или вентилем, расположенной за пароперегревателем и регулятором перегрева.

Температурой питательной воды называется температура, измеренная непосредственно перед входом в водяной экономайзер или в регулятор перегрева, если он включен до водяного экономайзера, а при отсутствии их — в барабан котла.

22. Параметры паровых стационарных котлов (ГОСТ 3619-47)

Рабочее давление пара на выходе из котла в кг/см^2	Температура перегретого пара в $^{\circ}\text{C}$	Температура питательной воды в $^{\circ}\text{C}$	Номинальная (максимально длительная) паропроизводительность котла в т/час
8	Насыщенный	20; 50	0,2; 0,4; 0,7
13	Насыщенный или перегретый 250, 300 и 350 (350 и 375) (420)	50	(2,5); 4; 6,5; 10
(16) (31,5)	100	150; 140	12; 20 50; 75; 150; 200
39	450	150	12; 20; 35; 50; 75; 110
100	510	215	75; 120; 170; 230

Примечание. Котлы, параметры которых указаны в скобках, не рекомендуются, но сохранены в стандарте как широко распространенные в промышленной энергетике.

Все паровые котлы давлением свыше 0,7 *ати*, их пароперегреватели и водяные экономайзеры, установленные на промышленных предприятиях, подведомственны

23. Подразделение котлов по производительности и давлению

По производительности		По давлению	
Определение котла	Съем пара в т/час	Определение котла	Давление пара в атм
Малой мощности	До 10	Низкого давления	До 1,7
		Нормально-го давления	От 1,7 до 23
Средней мощности	От 10 до 60	Повышенного давления	От 23 до 60
		Высокого давления	Св. 60
Высокой мощности	Св. 60	Высокого давления	Св. 60

Госгортехнадзору, правила которого обязательны для исполнения при устройстве, установке, содержании, освидетельствовании и ремонте их.

Наиболее распространенными типами паровых котлов отечественного производства, применяемыми в энергетике машиностроительных заводов, являются котлы жаротрубные, котлы горизонтально-водотрубные и котлы вертикально-водотрубные.

Водяные экономайзеры

Водяные экономайзеры подразделяются по виду материала, из которого они изготавливаются, на стальные и чугунные.

Стальные гладкотрубные змеевиковые водяные экономайзеры применяются для всех давлений пара. Радиус загиба змеевиков $R \approx (1,8—2,0)d_n$.

Реебристые чугунные водяные экономайзеры применяются для котлов, работающих с давлением пара до 60 атм.

По способу включения в систему котла водяные экономайзеры делятся на кипящие и некипящие.

В кипящих водяных экономайзерах допускается парообразование в размере до 20% паропроизводительности котла. Движение воды в трубах водяных экономайзеров, как правило, осуществляется снизу вверх.

Воздухоподогреватели

Воздухоподогреватели по конструкции делятся на пластинчатые, трубчатые, пластинчато- и овалноребристые, а по роду

материала, из которого они изготавливаются, на стальные и чугунные.

Пластинчатые воздухоподогреватели состоят из кожуха с установленными внутри него стальными листами толщиной 1,5—3,0 мм, образующими вертикальные газовые каналы шириной 18—27,5 мм и горизонтальные воздушные каналы 13—27 мм (в отечественных конструкциях). По количеству ходов, совершаемых воздушным потоком, воздухоподогреватели изготавливаются двух-, трех- и четырехходовыми.

Вследствие недостаточной газоплотности, большой чувствительности к коррозиям, а также сложности изготовления пластинчатые воздухоподогреватели в настоящее время не изготавливаются.

Топочные устройства паровых котлов

Классификация топочных устройств. Топочные устройства подразделяются по способу сжигания топлива на слоевые и факельные, по способу обслуживания их и степени механизации — на топочные устройства с ручным обслуживанием, полумеханические и механические.

Топочные устройства с ручным обслуживанием. Основными элементами этих топок являются:

1) плоская, горизонтальная или слабо наклонная колосниковая решетка;

2) чугунный топочный фронт с загрузочной и поддувальными дверцами или с дутьевой коробкой.

Ручные топки применяются для сжигания антрацитов, каменных, бурых углей, дров и торфа под котлами малой мощности.

Для всех видов углей под колосниковыми решетками располагается шлаковый бункер, а часть колосников делается опрокидными, в результате чего достигается удаление шлака в пределах золowego подвала котельной.

Антрацитовые топки могут выполняться бесподвальными, с выгребом шлаков через загрузочные дверцы.

Полумеханические топочные устройства. Шахтные топки для дров и торфа с наклонным зеркалом горения. Шахтная топка состоит из загрузочной воронки, вертикальной кирпичной шахты, двух рядов наклонных брусчатых колосников и одного ряда горизонтальных колосников для дровяных и двух рядов для торфяных топок. Как правило, шахтные топки работают без вентиляторного дутья; при применении

последнего зольные дверцы делаются герметичными.

Топки с пневмозабрасывателями. В топках с пневмозабрасывателем механизирован процесс загрузки топлива на горизонтальную решетку с неподвижными или качающимися колосниками котлов.

Основными элементами пневмозабрасывателя являются:

- а) приемная воронка для топлива;
- б) барабанный питатель с приводом;
- в) неподвижная горизонтальная распределительная плита, расположенная над резервными загрузочными дверцами на высоте 1—1,2 м от плоскости решетки;
- г) цилиндрические воздушные сопла диаметром 30 мм, расположенные веерообразно с передней стороны плиты в количестве 10—12 шт.

Размер кусков угля после дробления до 30 мм.

Давление воздуха перед соплами в зависимости от крупности кусков должно составлять 200—300 мм вод. ст., а расход воздуха, проходящего через сопла, от 5 до 10% общего количества необходимого для горения воздуха.

Топки с пневмомеханическими забрасывателями. В этих топках топливо забрасывается на решетку вращающимся ротором с лопатками и дополнительно путем развешивания мелких фракций топлива по решетке и топочному объему вторичным воздухом, подаваемым через сопла в наклонной плите, расположенной под ротором.

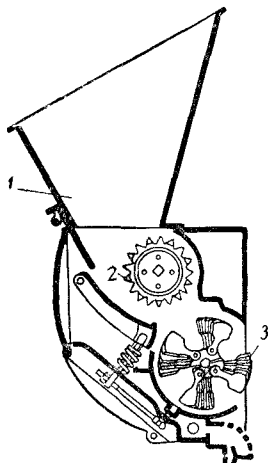
В топках с решетками типа ПМЗ сжигается рядовой уголь с содержанием до 60% мелочи размером 0—6 мм. Котлы, оборудованные такими топками, должны иметь устройство для пневматического возврата уноса в топку.

Топки с механическими самозабрасывателями. Наиболее распространенной конструкцией самозабрасывателя является ротационный самозабрасыватель. Основными элементами этого устройства (фиг. 29) являются загрузочная воронка для топлива 1, питатель 2, ротор метателя 3 с лопатками левого и правого направления метания, совершающий до 700 об/мин.

Регулирование дальности забрасывания достигается изменением числа оборотов метателя. Дальность забрасывания достигает 4,5 м.

Устройство применяется для сжигания на качающихся вручную или от специаль-

ного привода колосниках спекающихся каменных углей типа Г и ПЖ, а также всех видов бурых углей под котлами производительностью до 12—15 т/час.



Фиг. 29. Схема ротационного самозабрасывателя: 1 — загрузочная воронка; 2 — питатель; 3 — ротор метателя.

Механические топочные устройства.

К этим топочным устройствам относятся топки с шурующей планкой, топки с цепными решетками, шахтно-цепные топки, двуступенчатые топки с пневмомеханическими забрасывателями и цепными решетками, а также топки с наклонно-переталкивающими решетками.

Топка с шурующей планкой (фиг. 30) состоит из плоской неподвижной колосниковой решетки 1, вдоль которой перемещается поперечная трехгранная планка 3, приводимая в возвратно-поступательное движение при помощи бесконечной цепи 4, размещенной в щели между двумя половинами решетки и бункера 2.

Передняя рабочая грань планки выполняется с уклоном к горизонту под углом 45—60°, а задняя 15—30°. Планка в течение нескольких минут совершает цикл, состоящий из нескольких возвратно-поступательных рабочих ходов, при которых осуществляется подача и передвижение топлива вдоль решетки, после чего происходит шурующий ход, когда планка очищает решетку от шлака и сбрасывает его в шлаковый бункер.

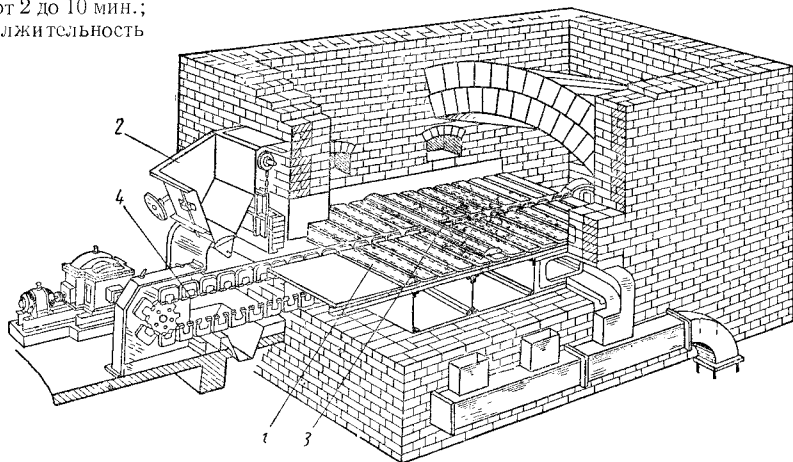
Совершая свой путь вдоль решетки, планка механизмирует три основные опе-

рации слоевого топочного процесса: подачу топлива, шуровку и сброс шлака с рабочего полотна.

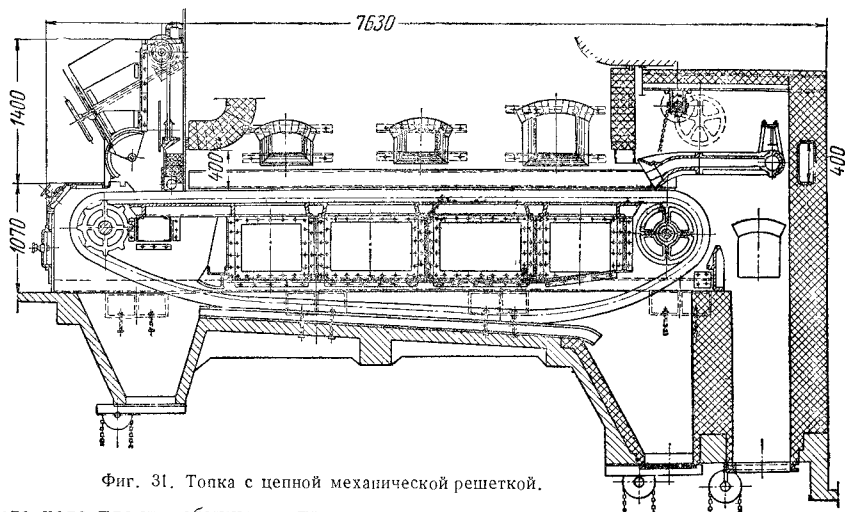
Промежуток между двумя ходами в зависимости от нагрузки, рода топлива и принятой схемы движения планки составляет от 2 до 10 мин.; продолжительность

В настоящее время применяются несколько конструкций топок с шурующей планкой: ВТИ, ниж. Васильева и многопланочная.

Топки с цепными решетками



Фиг. 30. Общий вид топки с шурующей планкой: 1 — колосники; 2 — загрузочная угольная воронка-бункер; 3 — шурующая планка; 4 — бесконечная цепь, движущая планку.



Фиг. 31. Топка с цепной механической решеткой.

одного хода планки обычно не превышает нескольких секунд.

Планка изготавливается из стали (сталь Ст. 2) или специального чугуна и благодаря кратковременности соприкосновения с огнем и охлаждения в бункере под слоем угля выдерживает 6000—7000 час. эксплуатации.

ства с цепными решетками получили широкое распространение. На фиг. 31 показана типовая топка с цепной решеткой.

Устройство состоит из рамы, на которой в подшипниках расположены передний, ведущий и задний валы с двумя парами звездочек, на которых натянуты две

бесконечные цепи; на них укреплено подвижное колосниковое полотно.

Топливо перемещается вместе с колосниковым полотном, получающим поступательное движение от механического привода.

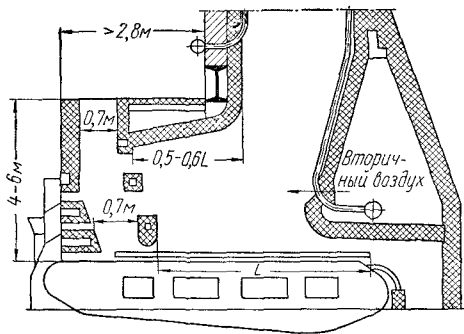
Основным типом цепных решеток, получившим наибольшее распространение, являются безбимсовые решетки с беспровальными колосниками.

Решетка приспособлена для сжигания дробленых сортированных углей с умеренной слекаемостью, удовлетворяющих следующим условиям: влажность топлива до 20%, зольность топлива до 20% и температура плавления золы не ниже 1200° С.

Шахтно-цепные топки (фиг. 32) служат для сжигания кускового торфа с большим содержанием мелочи (смесь кускового торфа с фрезерным или торфяными отсевами) и оборудованы обычной цепной решеткой.

Шахтно-цепная топка отличается от обычной топки с цепной решеткой наличием подсушивающей шахты со ступенями, через которые подается горячий воздух.

На ступенях-очагах происходит горение задерживающейся части сползающего на решетку слоя торфа.



Фиг. 32. Шахтно-цепная топка для торфа.

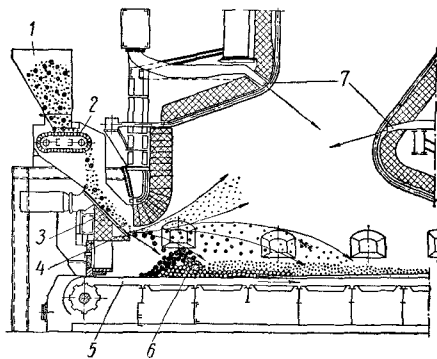
Продукты горения торфа на ступенях с горячим воздухом подсушивают слой торфа в шахте толщиной до 900 мм.

Двуступенчатые топки с пневмомеханическими забрасывателями и цепными решетками. Устройство предназначено для факельно-слоевого сжигания в топках с цепными решетками несортированных бурых и каменных неспекаю-

щихся углей с выходом летучих 17—20%. Уголь должен предварительно дробиться до 35—40 мм. Допускаемое содержание мелочи 65%.

На фиг. 33 показана схема двуступенчатой топки ВТИ.

Устройство состоит из угольного бункера 1, пластинчатого питателя 2 с переменной скоростью подачи топлива, разгонных плит 3, установленных под углом 48°, воздушных со-



Фиг. 33. Схема двуступенчатой топки ВТИ: 1 — угольный бункер; 2 — питатель; 3 — разгонная плита; 4 — воздушные сопла; 5 — полотно цепной решетки; 6 — зажимающая балка; 7 — сопла подачи вторичного (острого) дутья.

пел 4, при помощи которых осуществляется пневмозаброс топлива на полотно цепной решетки 5 и отбивание мелочи. Мелочь сгорает во взвешенном состоянии, а кусковое топливо ложится на горящий слой топлива первой половины цепной решетки, подвергаясь газификации с последующим выжигом кокса по длине полотна решетки.

Дутьевой воздух в топке ВТИ распределяется: под решетку подается 65—70%, на пневмозаброс 5—10% и вторичное (острое) дутье 25—30%.

Топки с наклонно-переталкивающими решетками. Устройство предназначено для сжигания влажных и многозольных углей, а также сланцев под котлами производительностью до 20—40 т/час.

Основными элементами устройства являются подсушивающая шахта, ступенчатая наклонная решетка с чередующимися рядами подвижных и неподвижных колосников и шлаковые (дожигательные) подвижные колосники. Угол наклона основной решетки 20—30°, а шлаковых колосников 7—10°.

Подвижные колосники расположены на двух тележках, перемещающихся на роликах по кронштейнам, укрепленным в неподвижной раме. Тележки подвижных колосников, а также шлаковые колосники

получают поступательно-возвратное движение от поршневого масляного привода; длина и число ходов каждой группы колосников регулируются.

Для горения подается горячий воздух, подводимый под решетку через три зоны.

Вспомогательные устройства котельных установок

Каждая котельная установка снабжена рядом вспомогательных устройств, обслуживающих котельные агрегаты.

Дымовые газы при своем движении по газовому тракту котельного агрегата должны преодолевать местные сопротивления. Если эти сопротивления невелики, то для преодоления их применяют естественную тягу — *дымовые трубы*. При повышенном газовом сопротивлении, характерном для большинства современных котлоагрегатов, применяют искусственную тягу, создаваемую дымососами. В этом случае каждый котлоагрегат имеет свой дымосос.

Дымососы представляют собой центробежные вентиляторы с электроприводом, приспособленные к работе в условиях повышенных температур и золотого истирания, так как дымовые газы уносят с собой некоторое количество мелкой (летучей) золы, которая интенсивно истирает детали дымососа.

Как правило, котлоагрегаты имеют также дутьевые вентиляторы.

Общими вспомогательными устройствами котельной установки являются *питательные насосы* с главными питательными магистралями, подающие в котлы питательную воду; главные паропроводы (коллекторы) с их арматурой и контрольно-измерительными приборами; топливоподача и золоудаление.

Для питания паровых котлов в промышленных котельных должно быть установлено не менее двух приводимых в действие независимо один от другого питательных насосов, из которых один должен быть с паровым приводом.

При установке трех питательных насосов и более суммарная производительность их должна быть такой, чтобы:

а) при временном выходе из строя самого мощного насоса суммарная производительность остальных составляла не менее 120% номинальной производительности всех рабочих котлов;

б) суммарная производительность насосов с паровым приводом была не менее 120% номинальной производительности всех рабочих котлов.

Подготовка к ремонту котельного агрегата [1]

Перед остановкой на ремонт котла, имеющего топливный бункер, необходимо сработать или выпустить все топливо из бункера во избежание слеживания и самовозгорания его в период ремонта котла; помимо этого во время ремонта необходимо осмотреть бункер.

После освобождения бункеров рекомендуется промыть их водой или обмести угольную пыль. Для устранения случайного попадания топлива в пустые бункеры ремонтируемого котла последние должны быть тщательно закрыты на все время ремонта котла.

До начала производства каких-либо работ внутри котла, соединенного с другими работающими котлами общими трубопроводами, последние должны быть отсоединены от ремонтируемого котла и заглушены. При газовом отоплении котел должен быть надежно отключен от общего газопровода.

Производство ремонта элементов паровых котлов, пароперегревателей и экономайзеров разрешается только после снижения давления в них до атмосферного. Допуск людей внутрь котла и открытие задвижек после окончания ремонта и удаления людей из котла должны производиться только по письменному разрешению администрации котельной.

Вода спускается из котла через некоторое время после остановки, когда топка достаточно охлаждена.

Для проверки состояния (плотности) труб и барабана перед спуском воды котел опрессовывается на рабочее давление от питательной магистрали и производится тщательный осмотр всех труб, барабанов, перегревателя, экономайзера и пр.

После спуска из котла воды на питательных спускных, дренажных линиях и линиях верхней продувки ставятся заглушки и открываются лазы барабана.

В каждой котельной должны вестись журналы ремонтов. В журналы должны вноситься сведения о всех ремонтах котлов, а также об остановках котла на чистку. Эти журналы предъявляются инспектору Госгортехнадзора по его требованию.

В журнале ремонтов котла должны иметься чертежи разверток барабанов и коллекторов, в которых условными знаками указываются вырезанные и заглушенные, сменные и заваренные трубы.

Очистка поверхностей нагрева

При подготовке остановленного котлоагрегата к проведению очистки в топках со слоевым сжиганием топлива колосниковая решетка должна быть полностью освобождена от золы и шлака, оставшихся после остановки котла. В топках с камерным сжиганием топлива должно быть проверено, отключены ли пылепроводы, мазутопроводы и газопроводы, на которых должны быть поставлены заглушки. После этого производится тщательный осмотр состояния обмуровки подвесных сводов и характера шлакообразований в топке и газоходах котлоагрегата. При обнаружении в обмуровке частей кладки, грозящих обвалом, а также нависших глыб шлака работа котлоочистов в топке запрещается до их отбивки через имеющиеся в обмуровке лазы и люки.

Если прочность свода нарушена из-за выпадения значительного числа кирпичей и наличия выгоревших мест, необходимо сделать защитное перекрытие из досок.

В газоходах не должно быть скоплений горячей золы и очагов догорания топлива, в случае их обнаружения необходимо залить водой и удалить их, не влезая в газоход. Особенную опасность представляет зола с недогоревшим топливом, так как при доступе к ней воздуха возможно воспламенение и даже взрыв недогоревшего топлива.

Работы по очистке поверхностей нагрева должны поручаться квалифицированным котлоочистам, которые во время чистки не допускали бы повреждения поверхностей и могли бы выявлять дефекты на очищаемых ими поверхностях.

Очистка наружных поверхностей нагрева. Все работы по удалению золы должны производиться последовательно по ходу газов. Зола из газоходов спускают в зольные бункеры или непосредственно в топку в зависимости от места скопления золы и конструкции котла.

После удаления золы из газоходов производится обдувка сжатым воздухом всех поверхностей нагрева и пароперегревателя строго по ходу газов, обязательно при работающих дымососах.

Сбивание шлаков со стен топки без лесов допускается на высоте не более 1,5 м при условии отсутствия шлаковых отложений над местом очистки. Очистка шлака со стен топки на высоте более 1,5 м, экранных труб и кипяточного пучка должна производиться только с лесов,

устанавливаемых внутри топки. Очистка даже легкого шлакообразования с приставных лестниц запрещается.

Расшлаковка больших шлаковых наростов производится сверху с подвесных лесов, люлек или через лазы.

Обивка всего шлака производится полосоми по 400—500 мм сверху вниз.

Сбивать шлак сразу по всей ширине топки нельзя, так как это может привести к обвалу золы, находящейся над шлаком или во внутренних слоях его.

Сбивание шлака большой толщины производится пневматическими молотками, а при отсутствии сжатого воздуха — ручным способом. Ручную обивку монолитных шлаков производят зубилами длиной 450—500 мм и кувалдами. Для обивки ручным способом рыхлого шлака применяют пики и ломы. Удаление шлака, находящегося между трубами, производят прорезкой шлака металлическими полосоми — прорезками. Для очистки небольшого слоя шлака с труб следует применять пневматический молоток, имеющий небольшую силу удара. Сменный наконечник заменяется скребком, рабочая часть которого имеет вид дуги с радиусом, соответствующим наружной поверхности труб.

После расшлаковки, обдувки золы и сажи производится удаление слоя нагара с поверхностей нагрева скребками.

При небольшой толщине нагара для удаления его применяют стальные щетки. Для снятия нагара, имеющего небольшую прочность, применяют стальные щетки с длиной проволоки 10—15 мм. Твердый нагар хорошо удаляется щетками из кардоленты или скребками.

Очистку поверхности труб водяного экономайзера от нагара и золы производят после очистки пароперегревателя. Очистка от нагара производится после обдувки золы и сажи пластинчатой прорезкой сверху по межтрубному пространству.

Очистку воздухоподогревателей производят тем же способом после очистки водяного экономайзера.

Вязкий нагар, получающийся, в частности, при сжигании жидкого топлива, удаляют обмывкой водой.

Очистка внутренних поверхностей нагрева. После спуска воды и открытия лазов в барабанах котла необходимо тщательно провентилировать котел от пара и смуть струей воды оставшийся шламм и налип в барабанах, секциях, коллекторах и грязевиках.

Очистка внутренних поверхностей нагрева производится, как правило, механическим способом; ручная очистка применяется лишь в отдельных случаях для открытых доступных поверхностей нагрева.

Очистку накипи нельзя производить молотками с острыми кромками, так как при этом производится насечка поверхности металла, что способствует образованию коррозии.

После удаления мягких слоев накипи ручным инструментом очистку основного слоя плотной накипи производят механическим способом. При механической очистке рабочим инструментом служат шарошечные головки разных типов с пневматическим или электрическим приводом.

Для очистки от накипи открытых поверхностей применяют 10- и 20-шарошечные нераскидные головки. Для очистки заклепочных швов и заклепок, а также в тесных и недоступных местах применяют одну-рядную пятишарошечную головку. Вращающуюся головку накладывают на слой накипи параллельно очищаемой поверхности; нельзя допускать работу головки углами шарошек во избежание повреждения металла котла.

При очистке от накипи заклепочных швов первоначально производится очистка между заклепками, после чего счищают накипь с поверхности заклепочных головок. В уголках стыка листов или перегородок, где шарошечная головка не может пройти, очистку от накипи производят щетками или скребками.

Очистка кипяtilьных труб производится после очистки поверхности стенок барабана котла. Ее производят в большинстве случаев раскидными головками при 1500—1800 об/мин. Головка с прижатými сложенными шарошками должна свободно входить в трубу до очистки ее от накипи. Головки присоединяют к гибкому валу через шарнир; в случаях, когда шарнир не может пройти через криволинейный участок трубы, вместо шарнира применяют гибкий держатель головки. Диаметр гибкого вала не должен превышать 0,3 диаметра трубы. Пока головка не введена в трубу, нельзя включать ее привод.

После окончания очистки трубы перед выходом из нее головки привод должен быть выключен.

Очистка трубы от накипи производится за один ход, т. е. при продвижении головки вперед по всей длине трубы и назад.

С самого начала очистки в трубу необходимо все время подавать воду через шланг для охлаждения шарошек и смыва счищенной с трубы накипи.

По окончании очистки внутренних поверхностей барабана котла и труб очищенную накипь смывают из барабана со спуском промывочной воды в дренаж.

Кроме механического способа очистки от накипи поверхностей нагрева котлоагрегатов, применяют химический способ, при котором накипь растворяется или разрыхляется под действием кислотного или щелочного раствора. Химическая очистка поверхностей нагрева котлоагрегата производится специально подготовленным персоналом по утвержденным инструкциям. Кислотная очистка котлоагрегатов, имеющих трещины в швах и valveчовочных соединениях, не допускается.

Ремонт поверхностей нагрева

Допускаемый износ паровых котлов. Для определения величины износа частей паровых котлов первоначальные их размеры устанавливают по чертежам или определяют с натуры промером в местах, не имеющих износа.

Величины предельного износа основных частей паровых котлов (по достижении которых изношенные части подлежат ремонту или замене) должны устанавливаться поверочным расчетом.

Ниже приведены нормы допускаемого износа паровых котлов нормального давления *.

Если при наличии износа, соответствующего этим нормам, поверочным расчетом не подтверждается необходимость снижения рабочего давления, то паровые котлы могут быть допущены к дальнейшей работе при прежнем рабочем давлении.

Результаты поверочного расчета должны быть записаны в шнуровые книги паровых котлов.

Нормы допускаемого износа паровых котлов нормального давления (с рабочим давлением до 22 кг/см²)

На цилиндрическую часть барабанов котлов.

Уменьшение толщины стенки вне зоны швов и трубных отверстий в зависимости от вида продольных швов:

- | | |
|--|-----|
| а) для швов заклепочных внахлестку, двухрядных | 35% |
| б) то же трехрядных | 30% |

* Нормы рассмотрены и одобрены Межведомственным экспертно-техническим советом при Главной государственной инспекции Котлонадзора (Решение № 72 от 23 мая 1953 г.).

в) для швов заклепочных с двумя накладками, двухрядных
 г) то же трехрядных
 д) для швов сварных двусторонних
 Уменьшение толщины стенки в зоне швов и трубных отверстий

25%

20%

20%

15%

Выпучины и вмятины вне зоны швов и трубных отверстий (не требующие выправки) от наименьшего размера их основания допускаются:

а) в сторону атмосферного давления (выпучины)

2%

б) в сторону давления пара (вмятины)

5%

На днища барабанов (сферических).

Уменьшение толщины стенки вне зоны переходной дуги

25%

То же в зоне переходной дуги

15%

На заклепочные швы

Уменьшение толщины накладок

20%

Уменьшение ширины кромок заклепочных швов от центра заклепок до нижнего обреза кромок

20%

Уменьшение высоты головок заклепок

20%

Уменьшение диаметра головок заклепок

10%

На плоские стенки.

Уменьшение толщины стенок, укрепленных распорными связями или анкерными болтами (у паровых котлов паровозов, локомотивных котлов):

а) вне зоны швов

50%

б) в зоне швов

15%

То же у паровых котлов других типов:

а) вне зоны швов

30%

б) в зоне швов

15%

Допускаемый местный прогиб плоских стенок на участке между четырьмя связями или анкерными болтами не более:

а) в сторону газов

4 мм

б) в сторону воды

6 мм

Допускаемый общий прогиб плоских стенок, укрепленных связями или анкерными болтами, от наибольшего размера стенки

2% (но не более 15 мм)

На волнистые потолки топки

Уменьшение толщины стенки:

а) в зоне волны

10%

б) на плоском участке

20%

Допускаемый прогиб волнистых стенок от их наибольшего размера

2% (но не более 15 мм)

На трубные решетки (плоские). Уменьшение толщины трубных решеток у паровых котлов паровозов и у локомотивных котлов:

а) между трубными отверстиями и в подрешетчатой части

40%

б) в зоне загиба

15%

То же трубных решеток других типов паровых котлов:

а) между трубными отверстиями

25%;

б) в зоне загиба

15%.

Допускаемый общий прогиб трубных решеток в % от наибольшего их размера

2% (но не более 25 мм)

Допускаемое увеличение диаметра отверстий для труб

10%

На жаровые трубы жаротрубных котлов

Уменьшение толщины стенки гладких и волнистых труб

20%

Допускаемые выпучины в % от диаметра трубы

1,5%

На связи и анкерные болты

Уменьшение по диаметру шейки связей и анкерных болтов

20%

На коллекторы экранов, пароперегревателей, стальных экономайзеров.

Утонение стенок:

а) у круглых коллекторов в зоне, ослабленной отверстиями для труб или лючков

20%

б) то же вне ослабленной зоны

30%

в) у прямоугольных коллекторов в зоне, ослабленной отверстиями для труб или лючков

15%

г) то же вне ослабленной зоны

20%

На трубы кипятильные, пароперегревательные и дымогарные

Допускаемое местное увеличение диаметра (раздутье и выпучины) кипятильных и пароперегревательных труб

5%

Допускаемый прогиб прямых труб на прямом участке их длины

2% (но не более 0,9 внутреннего диаметра трубы)

Примечания: 1. В связи с тем, что в действующие нормы расчета котлов на прочность внесены существенные изменения, значительно снижены запасы прочности и повышены расчетные характеристики применяемых в котлостроении сталей, данные нормы допускаемого износа паровых котлов с рабочим давлением до 22 кг/см² могут применяться только для котлов, изготовленных до 1 января 1954 г.

2. Зона сварного шва лежит по обоим его сторонам от продольной оси на расстоянии двух толщин свариваемых листов. Зона заклепочного шва находится между кромками склепываемых внахлестку листов или между кромками накладок. Зона трубных отверстий охватывает всю трубную решетку с прибавлением неослабленного металла по ее периметру от центра крайних отверстий на величину шага между трубами.

Материалы, применяемые при изготовлении и ремонте деталей и элементов котлоагрегатов

24. Марки сталей для изготовления деталей и элементов паровых котлов, пароперегревателей и водяных экономайзеров

Наименование материала и ГОСТ	Наименование элементов деталей	Условия работы
Сталь листовая, котельная углеродистая, марок 15к, 20к, 25к (ГОСТ 5520-50)	Обечайки барабанов, днища, жаровые трубы, трубные решетки	Давление до 60 <i>ати</i> и температура металла до 450° С
Углеродистая сталь марок; МСт. 2, МСт. 3 (ГОСТ 380-50)	То же	Давление до 60 <i>ати</i> и средняя температура до 120° С
Углеродистая сталь марок; 15к, 20к (ГОСТ 5520-50)	Топочные листы	Температура металла до 450° С
Трубы из стали марок 10 и 20 (ГОСТ 1050-52 и 301-50)	Трубы поверхности нагрева котла	Давление до 60 <i>ати</i> и температура металла до 500° С
Трубы из стали марки 20 (ГОСТ 1050-52)	То же	Давление выше 60 <i>ати</i> и температура металла до 500° С
Трубы стальные (ГОСТ 1753-53)	Дымогарные и пароперегревательные трубы	—
Трубы из стали марок 10 и 20 (ГОСТ 1050-52 и 301-50)	Паропроводы	Давление до 60 <i>ати</i> и температура металла до 450° С
Трубы из стали марок 20 и 25 (ГОСТ 1050-52 и 301-50)	Коллекторы	То же
Стальное литье марок 15, 25, 35 нормального качества (ГОСТ 977-53)	Различные фасонные детали	Давление до 64 <i>ати</i> и температура до 120° С, или давление до 50 <i>ати</i> и температура до 300° С, или давление до 40 <i>ати</i> и температура 400° С
Стальное литье марок 15, 25 и 35 повышенного или особого качества (ГОСТ 977-53)	То же	Давление без ограничения и температура до 450° С
Легированное стальное литье марок 15М, 20М, 15ХМ и 12МХ (по особым техническим условиям котельных заводов)	»	Давление без ограничения и температура металла выше 450° С
Углеродистая сталь марок 15, 20 и 25 (поковка) (ГОСТ 1050-52) Те же материалы по ГОСТ 2335-50.	Лючки, лазы и другие небольшие поковки Крупные поковки	Температура металла до 450° С и давление до 60 <i>ати</i> То же
Углеродистая и легированная сталь марок 25, 35 и 15М (по особым техническим условиям котельных заводов)	Цельнокованные барабаны, обечайки, днища	—
Углеродистая сталь марок 35 и 40, легированная сталь марок 35Х, 38ХА и 40Х (ГОСТ 1050-52, 4543-48)	Болты, шпильки и гайки к ним для фланцевых соединений котлов и трубопроводов	Давление не ограничивается, температура для шпилек до 435° С и для гаек до 480° С
Углеродистая сталь марок Ст. 3, Ст. 4, Ст. 5 (ГОСТ 380-50)	То же	Давление до 21 <i>ати</i> и температура до 350° С
Легированная сталь марки 30ХМА (ГОСТ 4543-48)	»	Давление не ограничивается, температура для шпилек до 480° С, для гаек до 510° С
Углеродистая сталь марок МСт. 2 и МСт. 3 (ГОСТ 380-50). Требования по механическим свойствам по ГОСТ 536-53	Связи и анкера для котлов	—
То же, а требования по ГОСТ 499-41	Заклепочные соединения котлов	—

Ремонт трубной системы котла и пароперегревателя [3]

Осмотр и выявление дефектных труб. Осмотр поверхностей нагрева производят до гидравлического испытания и во время испытания.

Основными повреждениями труб являются:

а) образование отдулин, свищей и разрывов вследствие чрезмерного перегрева;

б) золотой износ наружных стенок труб, главным образом с лобовой стороны;

в) внутренние и внешняя коррозия труб;

г) изгибы труб и вырывание их из вальцовочных гнезд;

д) трещины и другие повреждения в местах развальцовки труб.

При остановке котла на капитальный ремонт его трубная система (кипятильные, экранные и пароперегревательные трубы) должна быть проверена шаблоном — предельной двусторонней скобой с целью выявления повреждений от золотого износа (истирание наружных стенок) или от чрезмерного перегрева (отдулины).

Допустимое максимальное увеличение диаметра труб: кипятильных и экранных до 5%; змеевиков пароперегревателей из легированных сталей до 2,5%, из углеродистой стали до 3,5%.

Все трубы, диаметр которых увеличен больше этих пределов, подлежат замене, а в случае местных дефектов (отдулины и др.) исправлению.

Ремонт труб на месте. На месте выполняется следующий ремонт труб котла: наварка изношенных наружных стенок труб, выправление отдулин, вмятин и погнувших труб и замена дефектных участков труб новыми.

При обнаружении местного золотого износа труб они могут быть отремонтированы наплавкой металла на изношенных местах газовой горелкой.

Небольшие отдулины на кипятильных и экранных трубах можно осторожно устранять при помощи оправки и ручника, предварительно нагрев до красного цвета газовой горелкой дефектный участок трубы. После этого на выправленный участок наплавляется газовой горелкой слой металла толщиной 2—3 мм.

Вмятины на трубах выправляются путем разогрева горелкой дефектного участка до вишнево-красного цвета с последующим медленным протаскиванием при помощи лебедки через трубу металлического шара диаметром на 2—2,5 мм меньше

внутреннего диаметра трубы, закрепленного с двух диаметрально противоположных сторон к рывкам тросами. В случае неполного выправления вмятины указанную операцию повторяют, применяя при этом шар диаметром на 1—1,5 мм меньше внутреннего диаметра трубы.

Подгибка и рихтовка погнувших труб поверхности нагрева производится, если погнутость и смещение труб или змеевиков выходят из пределов допускаемых отклонений.

25. Допускаемые отклонения на смещение осевой линии трубы от заданного размера

При расстоянии между осями трубы в мм	Наружный диаметр в мм				
	38	51	60—75	83	102
До 100	±1,0	±2,0	±2,0	±2,0	±3,0
100—500	±2,0	±2,0	±3,0	±3,0	±4,0
501—1000	±2,0	±2,0	±3,0	±4,0	±5,0
Св. 1000	±2,0	±3,0	±4,0	±5,0	±6,0

Трубы, имеющие небольшую погнутость, выправляют без подогрева с помощью клинсьев. При значительной погнутости трубы из углеродистой стали выправляют только в горячем состоянии, с подогревом горелкой до красного цвета. Эта работа должна вестись очень осторожно во избежание повреждений и нарушений вальцовочного соединения.

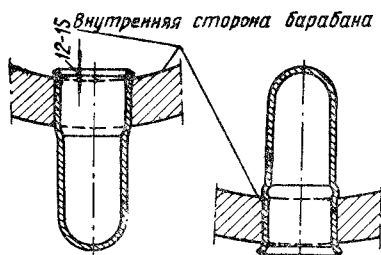
Замена дефектных участков труб новыми производится путем вырезки поврежденных участков с вваркой вставок из новых труб (см. раздел «Стыковка и сварка труб», стр. 954).

Все указанные способы устранения дефектов труб на месте с применением нагрева их газовой горелкой могут применяться при небольших дефектах, требующих ограниченного нагрева (или наплавки металла) поврежденного участка, так как при длительном нагревании бывших в работе труб вследствие значительных термических напряжений на них появляются трещины.

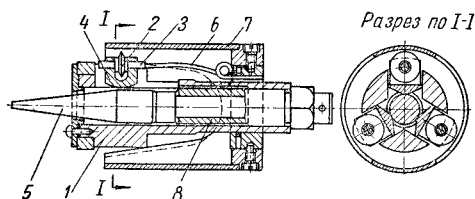
Во всех остальных случаях дефектные трубы следует удалить и заменять новыми или устанавливать колпачковые заглушки (фиг. 34).

Удаление дефектных труб производится путем перерезывания их газовой горелкой или внутренним труборезом (фиг. 35) на расстоянии не менее 50 мм от стенки барабана или коллектора. Оставшиеся

концы труб удаляют вручную специальным приспособлением (фиг. 36) или зубилом и молотком. При применении приспособ-

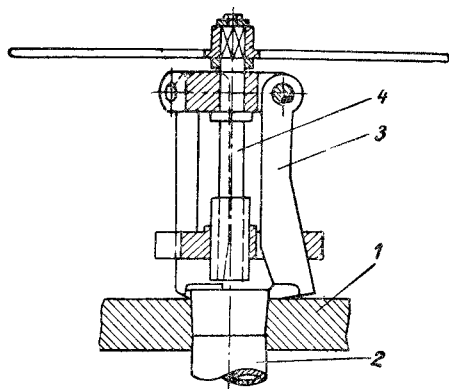


Фиг. 34. Установка колпачковых заглушек с наружной и внутренней сторон барабана.



Фиг. 35. Внутренний трубобрез: 1 — корпус; 2 — нож; 3 — ось; 4 — держатель для ножа; 5 — корпус; 6 — пружина; 7 — упор; 8 — втулка.

собления, показанного на фиг. 36, колокольчик трубы сминают в трех местах, после этого она легко выбивается ручни-



Фиг. 36. Приспособление для удаления концов труб из барабана: 1 — стенка барабана; 2 — завальцованный конец удаляемой трубы; 3 — захват приспособления; 4 — винт.

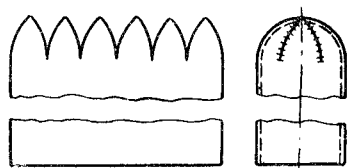
ком. Выбивание концов труб производится в барабанах снаружи, а в коллекторах

внутри. Эту операцию необходимо производить очень осторожно, чтобы не повредить очко.

Колпачковые заглушки изготавливаются из кусков труб такого же качества, как и трубы поверхности нагрева, следующими способами:

1) обрезок трубы нагревается до светловышневого цвета; один конец обжимается на оправке под шаровидную форму, а оставшееся после обсадки отверстие 5—10 мм заваривается автогеном.

2) на одном конце трубы вырезают ножовкой клинья (фиг. 37); клинья нагре-



Фиг. 37. Заготовка и сварка колпачковой заглушки.

вают и подгибают для придания шаровой формы, после чего заваривают автогеном.

Плотность колпачковых заглушек, изготовленных указанными способами, проверяется керосином и гидравлическим испытанием на двойное рабочее давление. Перед установкой заглушки очко и колпачок должны быть очищены до металлического блеска по месту касания.

Установка заглушек в трубные отверстия производится так же, как установка новых труб.

Приварка заглушек к телу барабана или коллектора запрещается. Также запрещается применение в качестве заглушек конических точных пробок, укрепляемых в очке сваркой.

Замена труб. Проверка качества используемых труб. Трубы, используемые для ремонта поверхностей нагрева, должны проверяться и соответствовать требованиям Госгортехнадзора, ГОСТ и техническим условиям и иметь сертификаты завода-изготовителя.

Необходимо осмотреть каждую трубу по всей длине снаружи и внутри для выявления трещин, раковин, закатов, глубоких рисок, следов коррозии и окалины.

Внутренний осмотр труб производится с помощью электрической низковольтной лампочки соответствующих размеров, укрепленной на конце длинной штанги, вдоль которой уложены электрические провода.

Допускаются небольшие вмятины, мелкие продольные риски глубиной не более 10% толщины стенки, а для холоднотянутых труб глубиной не более 0,5 мм при условии, что толщина стенки не будет ниже пределов допусков (табл. 26).

26. Допускаемые отклонения толщины стенок труб

Номинальная толщина стенки трубы в мм	Допускаемая толщина стенки трубы в мм		Допускаемая разностенность трубы в мм
	наименьшая	наибольшая	
3,0	2,7	3,45	0,6
3,5	3,1	4,0	0,7
4,0	3,6	4,6	0,8
4,5	4,0	5,2	1,0
5,0	4,5	5,7	1,0

Допускаемые отклонения толщины стенок должны быть для холоднотянутых углеродистых труб в пределах $\pm 15\%$, для горячекатаных углеродистых труб $\pm 20\%$.

Гнутые труб. Гнутые труб диаметром от 38 до 108 мм рекомендуется производить, как правило, холодным способом*.

При гнутье труб поверхностей нагрева следует применять радиусыгиба, принятые в котлостроении (табл. 27).

27. Радиусыгиба труб для поверхностей нагрева

Наружный диаметр трубы в мм	Радиусгиба труб в мм						
38	75	100	150	200	250	300	—
51	100	150	200	300	400	600	800
60	—	200	300	400	500	—	—
76	300	400	500	600	800	—	—
83	400	500	600	800	—	—	—
102	400	500	600	800	—	—	—
108	400	500	600	800	—	—	—

Для гнутья нужно выбирать трубы с плюсовым допуском по толщине стенки, а при разностенности более толстую сторону располагать на наружной сторонегиба.

Трубы в местах изгибов не должны иметь трещин, надрывов и других пороков; сом-

*Сведения о технологии гнутья труб приведены в разделе "Трубопроводные работы" (стр. 465).

нительные места зачищать напильником до блеска, отшлифовать шкуркой и смазывать 10%-ным раствором азотной кислоты; при наличии трещин они будут ясно просматриваться через лупу.

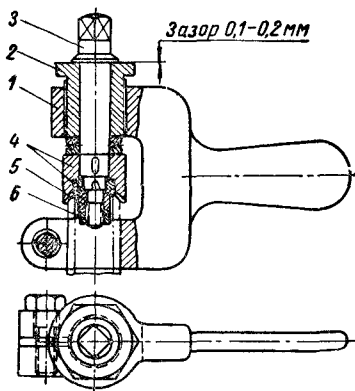
Правильность и чистота сечения гнутой трубы проверяется прогонкой через нее сжатым воздухом давлением 4—6 атм стального или деревянного шарика диаметром, равным 0,85 внутреннего диаметра проверяемой трубы; при этом у выходного отверстия трубы ставят отбойный лист или привязывают брезентовый мешок для улавливания шарика.

Допуски на овальность и отклонения в размерах погнутых труб приведены в табл. 28.

Стыковка и сварка труб. Разность наружных диаметров стыкуемых и свариваемых труб не должна превышать 1 мм.

Обрезка концов труб под сварку должна производиться в соответствии с указаниями, приведенными в разделе «Вальцовка труб» (стр. 958).

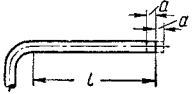
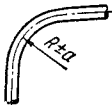

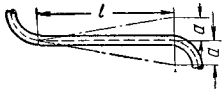
Концы подлежащих сварке труб зачищают на длине 30—40 мм снаружи и внутри от грязи, краски, окалины, коррозии, масла и других загрязнений. Для обработки торцов и фасок труб под сварку рекомендуется применять приспособле-

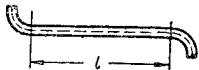
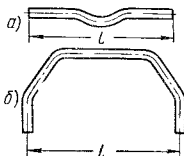
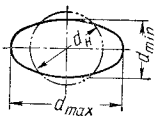


Фиг. 38. Приспособление для зачистки торцов и снятия фасок труб под сварку на месте их установки: 1 — корпус; 2 — втулка; 3 — валик; 4 — фреза; 5 — шайба; 6 — гайка.

ния. Одно из таких приспособлений приведено на фиг. 38. Место сварки должно находиться на прямом участке не ближе 50 мм от началагиба. Расстояние от сварного стыка до опоры должно быть не менее 100 мм. После прихватки прямо-

28. Допуски при изготовлении гнутых труб поверхностей нагрева котельных агрегатов [3]

Эскиз	Условное обозначение допусков	Наименование допусков	Величина допусков для труб наружного диаметра в мм						
			38	51	60	76	83	102	108
	a	От загиба до конца трубы:							
		для труб под вальцовку в коллекторах и барабанах	-2,0 +5,0	-2,0 +5,0	-2,0 +5,0	-2,0 +5,0	-2,0 +5,0	-2,0 +5,0	+5,0 +5,0
		для труб под сварку	±5,0	±5,0	±5,0	±5,0	±5,0	±5,0	±5,0
		при величине монтажного припуска на конце трубы до 50 мм то же до 100 мм	±10,0 ±20,0	±10,0 ±20,0	±10,0 ±20,0	±10,0 ±20,0	±10,0 ±20,0	±10,0 ±20,0	±10,0 ±20,0
	a	Отклонение радиуса загиба от размера по чертежу:							
		при $R = 75 \div 125$ мм	±2,0	±3,0	±3,0	±4,0	—	—	—
		• $R = 160 \div 300$ мм	±1,0	±2,0	±2,0	±3,0	—	—	—
		• $R = 400$ мм	—	—	—	—	±5,0	±5,0	±5,0
		• $R = 500 \div 1000$ мм	—	—	—	—	±4,0	±4,0	±4,0
		• $R > 1000$ мм	—	—	—	—	±3,0	±3,0	±3,0
	a	Смещение осевой линии при расстоянии между осями в мм:							
		до 100	±1,0	±2,0	±2,0	±2,0	±3,0	±3,0	±3,0
		от 100 до 500	±2,0	±2,0	±3,0	±3,0	±3,0	±4,0	±4,0
		• 500	±2,0	±2,0	±3,0	±3,0	±4,0	±5,0	±5,0
		св. 1000	±2,0	±3,0	±4,0	±4,0	±5,0	±6,0	±6,0
	a	Отклонение прямого участка трубы при загибе от положения по чертежу:							
		для участков (концов) длиной до 1 м на каждый последующий 1 м прибавляется	±1,0 ±0,5	±1,0 ±0,5	±1,0 ±0,5	±2,0 ±1,0	±2,0 ±1,0	±2,0 ±1,0	±2,0 ±1,0

Эскиз	Условное обозначение допусков	Наименование допусков	Величина допусков для труб наружного диаметра в мм						
			38	51	60	76	83	102	108
	Δl	На каждый метр прямолинейного участка трубы между погибами	$\pm 0,5$	$\pm 0,5$	$\pm 0,5$	$\pm 0,5$	$\pm 0,5$	$\pm 0,5$	$\pm 0,5$
	Δl	Отклонения габаритных размеров труб: для труб с малым вылетом (фиг. а) при l до 6 м на каждый последующий метр добавляется (фиг. а) для труб с большим вылетом (фиг. б) при l до 6 м на каждый последующий метр добавляется (фиг. б)	$\pm 3,0$ $\pm 0,5$ $\pm 5,0$ $\pm 1,0$	$\pm 3,0$ $\pm 0,5$ $\pm 5,0$ $\pm 1,0$	$\pm 3,0$ $\pm 0,5$ $\pm 5,0$ $\pm 1,0$	$\pm 3,0$ $\pm 0,5$ $\pm 5,0$ $\pm 1,0$	$\pm 3,0$ $\pm 0,5$ $\pm 5,0$ $\pm 1,0$	$\pm 3,0$ $\pm 0,5$ $\pm 5,0$ $\pm 1,0$	$\pm 3,0$ $\pm 0,5$ $\pm 5,0$ $\pm 1,0$
	$d_{\max} - d_{\min}$	Овальность труб в местах погибов при радиусах гнутья труб в мм: 75 100 125 160 200 300 400 500 600 800	3,42 3,04 — 2,09 1,67 1,52 — — — —	— 4,59 3,57 — 2,8 2,55 — — — —	— — — 4,2 3,6 3,0 2,4 1,8 1,5 1,2	— — — — — 4,56 3,8 3,04 2,28 1,9	— — — — — — 4,98 4,15 3,32 2,49	— — — — — — 7,14 6,12 5,1 3,57	— — — — — — 8,1 7,02 5,84 4,32

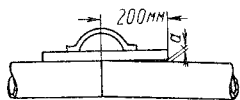
линейность стыка должна быть проверена с помощью линейки (фиг. 39).

Сварные швы должны быть плотными и иметь плавный переход от наплавленного металла к основному с усилением 2—3 мм.

Для проведения контрольных испытаний сварных стыков вырезают образцы труб, сваренных непосредственно на месте, в количестве 1% общего числа выполненных сварных стыков.

При наличии трещин в шве дефектное место вырезают и производят сварку вставку.

Необходимо также контролировать смещение стенок сваренных труб и излом труб в месте стыка. Смещение стенок не должно превышать 0,5 мм. Зазор a у конца наложенной на стыкуемые трубы линейки

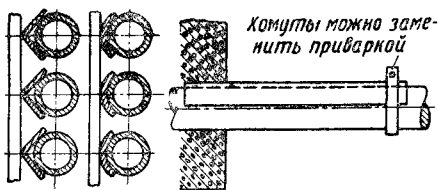


Фиг. 39. Проверка прямолинейности стыка труб с помощью линейки.

длиной 400 мм не должен превышать 1 мм (фиг. 39).

Гидравлическое испытание труб, сваренных торцами встык, производят на давление $2p + 11$ атм с помощью приспособлений для индивидуальной опрессовки (p — рабочее давление пара в котле).

Защита труб от золотого износа. Значительный износ (истирание) лобовых наружных стенок кипяточных, пароперегрева-



Фиг. 40. Крепление и типы манжет.

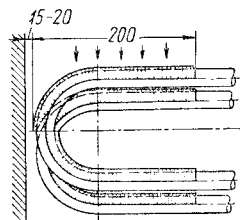
тельных и экранных труб имеет место при сжигании многозольных топлив, а также от сосредоточенных ударов струй пара при неправильной установке обдувочного устройства или из свихшей соседних труб.

Для предупреждения износа применяется защита поверхностей нагрева котла в местах износа манжетами, дефлекторами, щитами и насадками.

Способы защиты труб показаны на фиг. 40—43.

Установка и приварка защитных деталей на изношенные поверхности недопустима. Изношенные трубы должны быть заменены.

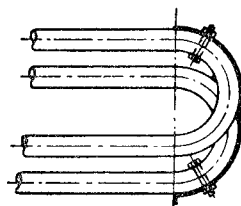
Индивидуальные прямые манжеты изготавливаются штамповкой из листовой стали



Фиг. 41. Защита труб индивидуальными манжетами.

толщиной 3—4 мм, из разрезанных труб большего диаметра или из угловой стали.

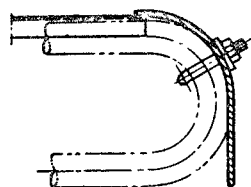
При установке индивидуальных манжет для защиты гибов змеевиков пароперегре-



Фиг. 42. Защита труб групповыми манжетами.

вателей необходимо ставить их с внешней и внутренней стороны гибов (фиг. 41).

При установке групповых манжет или подвесных щитов для защиты гибов зме-

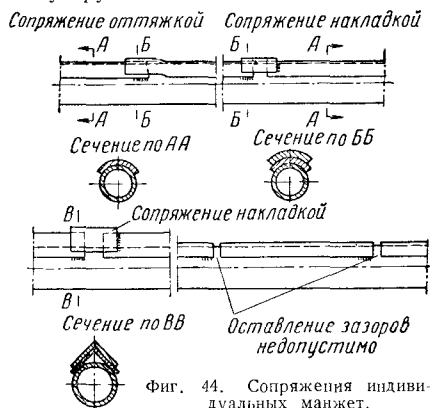


Фиг. 43. Крепление манжет и подвесного щита на гibaх труб хомутами.

евиков крепление их производят хомутами (фиг. 42 и 43).

Соединение отдельных звеньев манжет необходимо выполнять особо тщательно. Недопустимо оставление зазоров между

манжетами по длине трубы (фиг. 44), это приводит к ускоренному местному износу труб.



Фиг. 44. Сопряжения индивидуальных манжет.

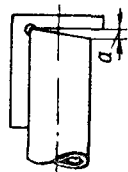
Вальцовка труб [3]. Вальцовка труб представляет собой наиболее ответственную работу, выполняемую при монтаже и ремонте паровых котлов.

Назначением вальцовки является создание прочного и плотного соединения кипяточных, экранных, экономайзерных и пароперегревательных труб, с барабанами и трубными решетками, способного противостоять тем нагрузкам, которые возникают под действием давления пара, сил тяжести (вес конструкции и воды) и тепловых расширений.

Для обеспечения высокого качества, надежной прочности и плотности вальцовочного соединения концы труб и их гнезда подвергаются ряду подготовительных операций.

Обрезка концов труб, подлежащих вальцовке, производится обычно вручную ножовками. Применять для этого роликовые труборезы не следует, так как они изменяют диаметр трубы. Резка конца трубы кислородно-ацетиленовым способом не допускается.

Обрезанный торец должен быть ровным и перпендикулярным к оси трубы. Перпендикулярность торца трубы проверяется угольником (фиг. 45). Непрямолинейность и неперпендикулярность среза не должна быть более 2% наружного диаметра трубы. Для ходовых размеров труб отклонение



Фиг. 45. Определение правильности обрезки торца трубы угольником.

от перпендикулярности на длине, соответствующей диаметру трубы (размер a на фиг. 45), не должно быть более:

Наружный диаметр трубы в мм	38	51	60	76	83	102
Размер a по фиг. 45 в мм	0,8	1,0	1,2	1,5	1,7	2,0

Для предупреждения появления трещин во время развальцовки концы кипяточных, экранных и пароперегревательных труб необходимо предварительно отжигать. Отжиг должен производиться равномерно по всей окружности трубы на длине 200—250 мм.

Для отжига концы труб нагревают до 900—950° С (светло-красный цвет) и выдерживают при этой температуре не более 10—15 мин. Во избежание пережога металла необходимо следить, чтобы температура нагрева не превышала 950° С. При нагревании одного конца трубы другой конец необходимо закрывать деревянными пробками.

Отожженные трубы охлаждаются на воздухе. Охлаждение труб в песке или золе дает худшие результаты. Охлаждение труб на открытом воздухе при наличии атмосферных осадков или ветра, а также при температуре ниже 0° С не допускается.

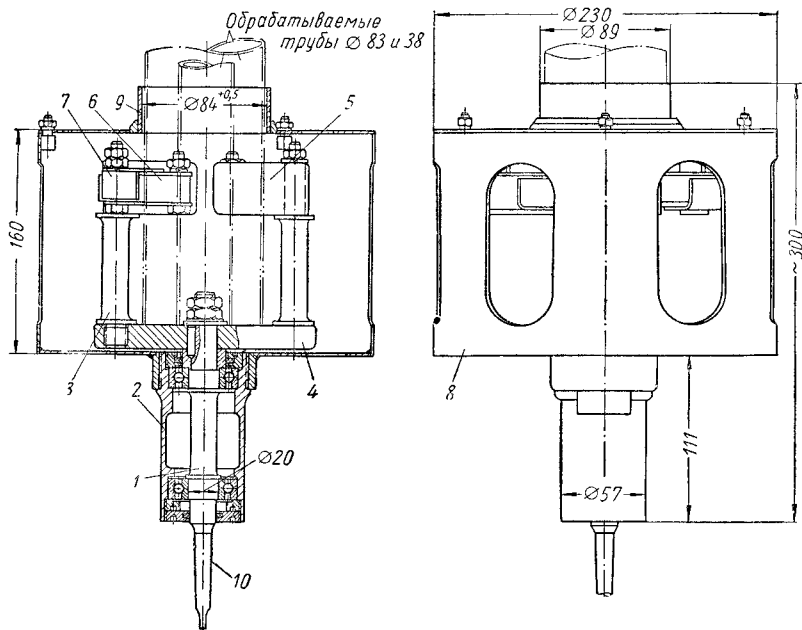
Перед вставкой труб на место концы их должны быть зачищены на длине на 40 мм больше толщины той стенки, в которую будет вставляться труба. При зачистке с поверхности трубы удаляют всю окалину, ржавчину и пр., сглаживают все неровности и шероховатости. Зачистка производится сначала драчевой, а затем личной пилой или наждачной шкуркой. Зачистку делают только поперек трубы.

При опилке концов труб нельзя оставлять никаких черновиков. Если на трубе имеются продольные бороздки, то их необходимо выпилить. После удаления всех черновиков конец трубы нужно зачистить личной пилой и наждачной шкуркой. По выполнении всех операций зачистки на конце трубы не должно быть продольных рисок глубиной более 0,1 мм.

Для механизации работ по зачистке концов труб применяют приспособления, одно из которых приведено на фиг. 46.

Производить смазку концов труб, подлежащих вальцовке, запрещается.

Гнезда, в которые вставляются трубы, также должны быть тщательно очищены (до металлического блеска). Чем тщательнее произведена зачистка гнезд и концов



Фиг. 46. Приспособления для зачистки концов труб: 1 — шпиндель; 2 — втулка; 3 — оси; 4 — шайба; 5 — противовес; 6 — точильный камень; 7 — рычаги; 8 — кожух; 9 — втулка; 10 — конус Морзе № 1.

труб, тем плотнее получается вальповочное соединение. Зачистка гнезд производится наждачкой шкуркой. Чтобы избежать появления продольных рисок, движение шкурки должно производиться по окружности.

После зачистки гнезда осматривают и промеряют. Поверхность гнезд должна быть чистой и свободной от продольных рисков. Продольные сквозные риски исключают возможность получения плотного соединения. Такие риски должны быть выбраны разверткой до их полного исчезновения. Допускается наличие кольцевых и единичных спиральных рисков глубиной менее 0,25 мм. Определение глубины рисков

производят путем измерения отиска рис- ки на свинце. Диаметры гнезд не должны выходить за пределы, указанные в табл. 29.

В ремонтной практике нередко встречаются случаи, когда при установке новых труб диаметры гнезд оказываются малы или слишком велики. В таких случаях гнезда с малыми размерами обычно развертывают, а при слишком большом диаметре гнезда производят раздачу конца трубы в горячем состоянии. При раздаче трубы должен быть обеспечен плавный переход от первоначального диаметра трубы к новому. После раздачи конец трубы необходимо отпустить, нагрев до температуры 550—600° С.

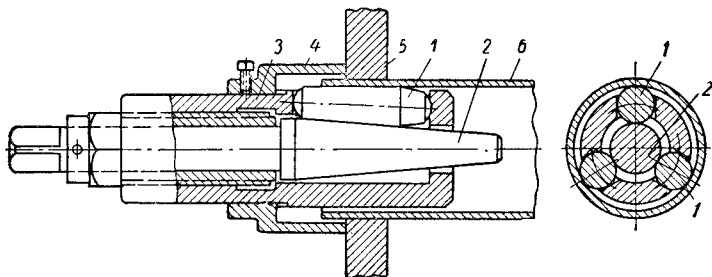
29. Допускаемые отклонения диаметров гнезд для труб

Номинальный наружный диаметр трубы в мм		38	51	60	76	83	102	108
Диаметр гнезда в мм	Максимальный	38,9	52,0	61,1	77,2	84,4	103,6	109,65
	Минимальный	38,6	51,7	60,7	76,8	84,0	103,2	109,25

Простейшая винтовая вальцовка показана на фиг. 49. Она состоит из трех роликов 1 и центрального конического шпинделя 2. При подаче шпинделя 2 вперед он надавливает на ролики и заставляет их нажимать на внутреннюю поверхность трубы. Повертыванием ко-

дачи выступающей части трубы на угол 15° (фиг. 52).

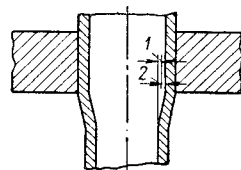
Допуск на величину угла разбортовки $\pm 3^\circ$.



Фиг. 49. Винтовая вальцовка: 1 — ролики; 2 — конический шпиндель; 3 — корпус вальцовки; 4 — установочное кольцо с упором; 5 — стенка барабана или коллектора; 6 — труба в гнезде перед развальцовкой.

нуса приводят во вращение ролики 1. При этом ролики перекачиваются по внутренней поверхности трубы, постепенно растягивают ее стенки и увеличивают ее диаметр. Таким образом в процессе вальцовки осевое давление на конический шпиндель передается роликам, которые в свою очередь производят радиальное давление на стенки трубы. Под воздействием этого давления вначале расширение трубы происходит за счет зазора между наружным диаметром трубы и стенкой гнезда. После соприкосновения трубы со стенками гнезда диаметр трубы увеличивается за счет утонения ее стенок и некоторого расширения гнезда (фиг. 50).

Разбортовка производится вальцовками с роликами, имеющими большую конус-



Фиг. 50. Раздача трубы при вальцовке: 1 — зазор; 2 — раздача.

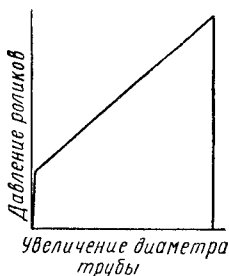
Самоподающие вальцовки имеют некоторый наклон оси окна для ролика по отношению к оси корпуса. Благодаря такому расположению окон и роликов при первоначальном поджатии роликов к стенкам трубы и к коническому шпинделю за счет возникновения силы трения шпиндель сам начинает «забираться» и автоматически подаваться вперед. В связи с такой подачей конического шпинделя процесс вальцевания труб характеризуется непрерывным и постепенно возрастающим давлением роликов.

Диаграмма усилий при работе самоподающей вальцовкой приведена на фиг. 51.

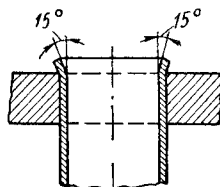
Самоподающие вальцовки благодаря равномерности процесса вальцевания обеспечивают лучшее качество вальцовочного соединения.

Последней операцией при вальцовке является разбортовка трубы, имеющая целью увеличение прочности вальцовочного соединения и улучшение условий прохода воды или пара через раз-

ность. Эти ролики располагаются в корпусе вальцовки позади вальцовочных роликов или вставляются вместо них.



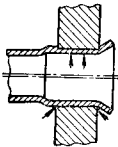
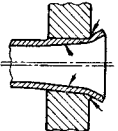
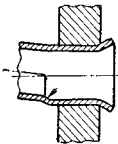
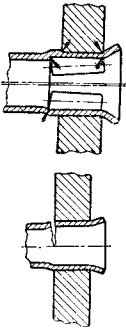
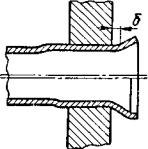
Фиг. 51. Диаграмма усилий при работе самоподающей вальцовкой.



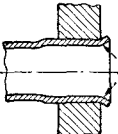
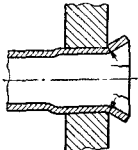
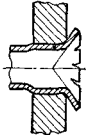
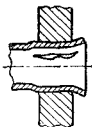
Фиг. 52. Разбортовка трубы.

Приступая к работе вальцовкой, необходимо тщательно проверить правильность размеров конуса и роликов. Уклон

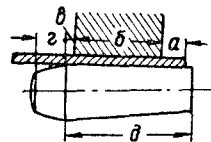
31. Дефекты вальцовочных соединений

Характер дефекта	Эскиз	Причина	Возможное последствие дефекта
Смятие стенок трубы и гнезда		Разная твердость материала трубы и гнезда (более мягкий подвергается смятию во время вальцевания)	Возможно образование трещин
Смятие трубы и гнезда со стороны колокольчика		Перекос вальцовки	То же
Одностороннее обжатие трубы		Перекос трубы в гнезде при развальцовке	Возможно образование трещин в месте обжатия
Подрезы на внутренней и наружной стенках трубы		Повреждение трубы острыми кромками вальцовочного ролика	Возможно образование трещин по окружности трубы и перерезывание ее у краев внутренней стенки гнезда
Неправильная развальцовка — велик выступающий конец трубы		Неправильная установка трубы в гнездо для развальцовки	Горизонтальная часть б на колокольчике ослабляет прочность вальцовочного соединения

Продолжение табл. 31

Характер дефекта	Эскиз	Причина	Возможное последствие дефекта
Неправильная развальцовка – выступающий конец трубы мал		Неправильная установка трубы в гнездо для развальцовки	Разбортовка выступающего конца трубы затруднена, прочность вальцовочного соединения понижена
Колокольчик излишне велик		Неправильно, большая разбортовка выступающего конца трубы	Возможно образование трещин на выступающем конце трубы при разбортовке
Надрыв колокольчика при разбортовке трубы		Слишком большая задача колокольчика (больше 60°)	Вальцовочное соединение непригодно
Продольные трещины в месте вальцовки трубы		Большой зазор между гнездом и концом трубы; вальцовка недостаточно предварительно отоженная конца трубы	То же

роликов должен строго соответствовать уклону шпинделя. Для того чтобы получить соприкосновение роликов со стенкой трубы точно по цилиндру, уклон шпинделя должен быть в 2 раза больше, чем роликов.



Фиг. 53. Положение вальцовочного ролика перед вальцовкой трубы.

Длина роликов должна быть такой, чтобы ролик своей рабочей частью d (фиг. 53) покрывал весь выступающий конец трубы a , всю толщину стенки барабана или коллектора b и выходил с наружной стороны барабана на некоторую величину.

При проверке роликов необходимо обращать внимание на переходную часть g . Эта часть ролика обеспечивает плавный переход трубы на развальцованной ее части в неразвальцованную. Наилучшей формой сбега ролика является закругление с радиусом 75 мм.

При развальцовке необходимо следить за тем, чтобы на вальцуемых концах труб не появились трещины, а также пленки и расслоения металла с наружной стороны трубы. Если эти расслоения или даже разрывы образуются только у конца трубы, то их следует заварить газовой сваркой, если же они проходят на наружную сторону гнезда, то трубу следует сменить.

Типичные повреждения при вальцевании труб и их причины приведены в табл. 31.

Для обеспечения высокого качества (плотности) вальцовочного соединения и надежности работы поверхностей нагрева котла необходимо:

а) перед вставкой труб наружные и внутренние поверхности барабанов и коллекторов очистить от грязи, пыли и масла и принять меры, исключающие возможность попадания на них пыли, влаги и масла в момент производства работ;

б) при закреплении труб в очках обеспечивать абсолютную чистоту поверхности очка и соответствующего конца трубы, протирая их перед моментом захода конца трубы в очко;

в) обязательно продувать сжатым воздухом или ручными мехами каждое очко со вставленной в него трубой до закрепления конца трубы в очко вальцовкой;

г) не вставлять трубу в очко, если не обеспечено немедленно правильное закрепление ее вальцовкой;

д) не допускать крепления труб вальцовками с короткими роликами, не соответствующими толщине стенки барабана, а пользование длинными роликами допускать под особым наблюдением техперсонала;

е) окончательную вальцовку и бортовку труб после вставки и крепления производить, не допуская длительных разрывов между вставкой (с закреплением) и вальцовкой трубы.

Ремонт барабанов котлов [6]

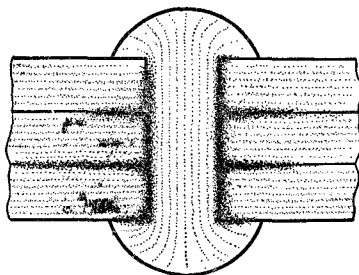
Основные виды повреждений барабанов, их выявление и устранение. Повреждения барабанов паровых котлов встречаются реже повреждений других элементов котлоагрегата, но они значительно опаснее и устранение их весьма сложно и трудоемко.

Относительно чаще в барабанах котлов встречаются следующие повреждения, которые приходится устранять при капитальных ремонтах: неплотности в заклепочных швах, трещины в барабанах котлов и разделение стенок барабанов и головок заклепок.

Неплотности в заклепочных швах вызываются неудовлетворительным качеством заклепочных работ (см. ниже раздел «Клепка и подчеканка», стр. 966), температурными напряжениями в барабанах котлов, вызванными быстрыми растопками и остановками котла, резкими изменениями его нагрузки, недостаточным подогревом питательной воды, подаваемой в котел, плохой циркуляцией воды,

каустической хрупкостью под влиянием высокой щелочности котловой воды, что приводит к образованию трещин в заклепочном шве или к скоплению солей в небольших неплотностях между заклепкой и котельными листами (фиг. 54), вызывающему постепенное ослабление швов. Неплотности в заклепочных швах, кроме того, могут быть вызваны неправильной конструкцией подвесок барабанов или изменениями в них во время эксплуатации котла.

При обнаружении неплотности заклепочных швов барабанов необходимо тщательно осмотреть место пропуска шва,



Фиг. 54. Ослабление заклепочного шва в связи со скоплением солей в неплотностях между заклепкой и котельными листами.

освободив этот участок барабана от изоляции, и отметить мелом место пропуска, проверить, нет ли трещин в заклепочных швах и в местах чеканки, а также смещения листов в швах по отходу мест чеканки от торца накладки. Если, кроме небольших пропусков заклепочных соединений, не обнаружено более серьезных дефектов, то после остановки котла производят подчеканку всех пропускающих заклепок (см. ниже раздел «Клепка и подчеканка», стр. 966). Плотность подчеканенных заклепок проверяется пропариванием.

При массовом пропуске заклепок и заклепочных швов производят смену всех дефектных заклепок.

Смена заклепок производится лишь с ведома и разрешения инспекции Госгортехнадзора. При замене более 15 рядом стоящих заклепок обязательно внеочередное гидравлическое испытание котла с участием представителя инспекции Госгортехнадзора.

Трещины в барабанах котлов в чаще всего появляются в заклепочных соединениях и в днищах барабанов.

Для выявления трещин и определения их границ необходимо осмотреть барабан с помощью лупы с 10—20-кратным увеличением; зачистить места возможных трещин до блеска напильником и наждачной бумагой; протравить 14%-ным раствором серной кислоты; обильно смочить керсином обработанную поверхность и выдержать ее в таком состоянии 20—25 мин.; протереть насухо и покрыть меловой краской; после высыхания краски простучать с обратной стороны небольшим ручником. Появление темных жилок на окрашенной мелом поверхности укажет контуры трещин.

Ввиду трудности обнаружения таким способом мелких трещин применяют магнитно-дефектоскопический метод обследования барабанов [3].

Магнитно-дефектоскопический метод обследования используется, в частности, для выявления трещин в заклепочных швах при смене заклепок и трещин в трубных решетках.

В качестве источника электрического тока при этом применяют обычно сварочный трансформатор (например, СТЭ-34) с первичным напряжением 220 в. Вторичная обмотка образуется четырьмя витками гибкого изолированного кабеля сечением 120 мм², что дает возможность получить во вторичной обмотке напряжение 5—6 в и силу тока до 1300 а.

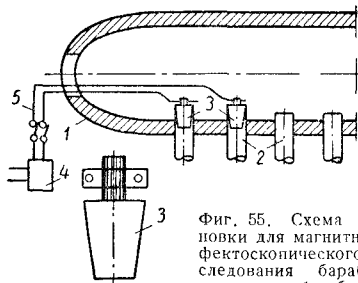
При обследовании заклепочных швов при смене заклепок внешняя часть указанного кабеля пропускается последовательно через шесть-восемь заклепочных отверстий, очищенных от грязи. Проходя по пропущенному через отверстия кабелю, электрический ток создает в теле барабана магнитное поле с силовыми линиями, concentрически охватывающими заклепочные отверстия.

Для выявления трещин участки барабана вскруг проверяемых отверстий поливают раствором порошка окиси железа (на 1 л кипяченой воды 40 г порошка окиси железа и 15—20 г олеинового мыла). По стекании раствора в местах, где имеются трещины, на поверхности металла отчетливо выделяются черные линии, появляющиеся в результате скопления над трещинами окиси железа.

Для обследования барабана около вальцовочных мест в очищенные по внутренней поверхности до металлического блеска трубы плотно вставляют деревянные конусные пробки, обернутые тремя слоями мелкой латунной сетки. После установки пробок в две соседние трубы на высту-

пающие концы пробок закрепляют болтами хомут, к которому присоединяют провод от вторичной обмотки трансформатора (фиг. 55), и включают электрический ток (6 в, 1500—2000 а). Проверяемый участок барабана между трубами, предварительно очищенный от грязи и накипи, поливается указанным выше раствором.

При обнаружении трещин в барабанах котлов необходимо определить глубину трещины путем конической засверловки



Фиг. 55. Схема установки для магнитно-дефектоскопического обследования барабанов котлов: 1 — барабан котла; 2 — вальцованные трубы; 3 — пробки, обернутые латунной сеткой; 4 — трансформатор; 5 — провода к пробкам.

на всю глубину стенки с последующим протравливанием (угол конуса засверловки 90°) и засверлить трещину по концам сверлом диаметром 15 мм для предотвращения ее дальнейшего распространения.

Вопрос о способе ремонта барабана котла должен быть решен совместно Инспекцией Госгортехнадзора. Заварку трещин в барабанах котлов следует производить только электросваркой.

Получив разрешение Инспекции Госгортехнадзора на заварку трещины, необходимо сделать анализ металла барабана для правильного выбора электродов (для сварки следует применять высококачественные электроды с толстой обмазкой марок ОММ-5, ЦМ-7 и др.).

Чтобы не допустить распространения трещины в процессе ее заварки, необходимо перед разделкой кромок в концах трещины засверлить ступенчатые отверстия. При заварке нельзя допускать нагрева листов барабана котла в зоне сварного шва и на расстоянии 40—50 мм от него выше 40—50° С.

Разъедание стенок барабанов и заклепочных головок. Основной причиной, вызывающей коррозию барабанов, является присутствие в котловой воде кислорода, а также углекислоты. Внешние признаки коррозии

металла под влиянием кислорода и углекислоты — бугорки ржавчины и язвыны глубиной 2—3 мм.

Борьба с коррозией барабанов котлов должна вестись путем улучшения качества питательной воды и удаления из нее кислорода и углекислоты.

Коррозионные повреждения внутренней поверхности барабанов и заклепочных гสลвок глубиной до 2—3 мм для предохранения от дальнейшего разъедания заделывают раствором цемента.

Для этого поврежденные места зачищают до металлического блеска и заполняют раствором портландского цемента. Цементные заделки необходимо выдерживать 2—3 суток во влажном состоянии, накрыв мокрым холстом, после чего можно заполнять барабан водой.

При более глубоком разъедании стенок барабанов может быть допущена заварка язвын по согласованию с Инспекцией Госгортехнадзора. Заварка должна производиться только электросваркой, специальными электродами.

Заклепки с сильно разъеденными головками должны быть заменены новыми.

Вварку заплат и вставок в барабанах и коллекторах делают только по согласованию с Инспекцией Госгортехнадзора.

Замену клепаных швов в барабанах сварными, а также замену днищ барабанов производят только при наличии проектной документации на эти работы, согласованной с Инспекцией Госгортехнадзора.

Клепка и подчеканка. В современном котлостроении заклепочные швы и другие заклепочные соединения не применяются. Они полностью вытеснены сваркой. Однако на заводах в промышленности еще весьма большое количество котлов с заклепочными соединениями. При ремонте их требуется выполнение ряда обязательных условий для обеспечения одновременной прочности и плотности заклепочных швов.

Неправильное выполнение клепки приводит к быстрому нарушению плотности швов.

Оно может вызывать:

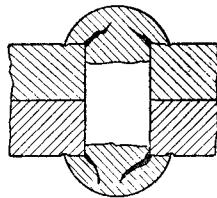
а) течи в швах из-за слабого прижатия в отдельных местах склепанных листов;

б) течи через неплотно сидящие заклепки;

в) обрывы заклепок из-за перенапряжений в материале заклепок.

Удаление поврежденных заклепок следует производить осторожно, лучше всего высверливанием.

Все несопадающие отверстия должны выправляться путем сверловки или развертывания. При этом ставят заклепки большего диаметра. Так же поступают при исправлении косо посаженных и смещенных заклепок. Раздача оправкой неправильно просверленных отверстий не допускается, так как она приводит к повреждению металла вокруг отверстия. Зазусенцы, образующиеся после сверловки отверстия, должны быть тщательно удалены. Острые кромки отверстий со сторон, примыкающих к заклепочным головкам, необходимо снять раззенковкой, потому что они способствуют образованию трещин у головок заклепок (фиг. 56).



Фиг. 56. Острые кромки отверстий (способствуют образованию трещин у головок заклепки).

Пробивание заклепочных отверстий деталей паровых котлов при помощи пуансонов не допускается.

Диаметр заклепочного отверстия делается больше стержня заклепки (табл. 32).

Длину стержня заклепки выбирают так, чтобы конец заклепки выступал за пределы склепываемых листов приблизительно на $1\frac{1}{2}$ диаметра стержня заклепки.

32. Размеры отверстий под заклепки в мм

Диаметр заклепки	9,5	11,5	13,5	16,5	19	22	25	28	31	34	37
Диаметр отверстия под заклепку	10	12	14	17	20	23	26	29	32	35	38

Заклепки вставляются в свои гнезда, равномерно нагретыми до 1000—1100° С, т. е. до светло-красного каления. Клепка должна производиться с таким расчетом, чтобы при окончании ее заклепка имела температуру не ниже 900° С (вишневый цвет).

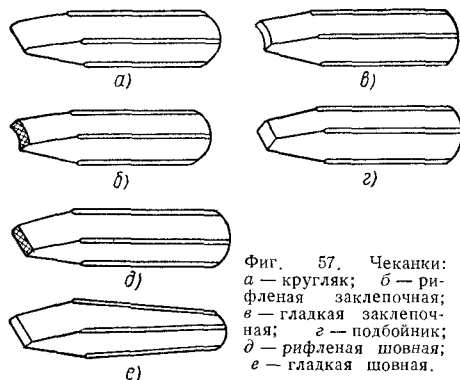
Диаметры обжимок приведены в табл. 33, а дефекты клепки — в табл. 34.

33. Диаметры обжимок в мм

Диаметр заклепки . . .	9,5	11,5	13,5	16,5	19	22	25
Диаметр обжимки	26	31	36	44	48	54,5	60

При смене заклепок или при появлении местных течей швов у паровых котлов с заклепочными соединениями для увеличения плотности заклепочных швов производят подчеканку заклепок и кромок листов. Подчеканка заключается в том, что инструментом-чеканкой вгоняют часть металла внутрь шва вдоль кромки. Уплотнившийся при этом слой металла нажимает на другой лист, обеспечивая плотность шва.

Подчеканка является высококвалифицированной работой и должна поручаться



Фиг. 57. Чеканки: а — кругляк; б — рифленая заклепочная; в — гладкая заклепочная; г — подбойник; д — рифленая шовная; е — гладкая шовная.

опытным рабочим. Плохо выполненная подчеканка ослабляет шов и может вызвать значительные дефекты.

Подчеканка выполняется тремя последовательными приемами: выбиванием канавки, осаживанием металла и сглаживанием кромок.

Для выполнения этих операций применяют инструменты, называемые чеканками (фиг. 57).

Подчеканка производится вручную или пневматическими молотками.

Подчеканку швов начинают с заклепок. Вначале кругляком (фиг. 57, а) уплотняют металл вокруг заклепок. Затем проходят по краям головки заклепки рифленой чеканкой (фиг. 57, б) и после нее гладкой заклепочной (фиг. 57, в). Кромки шва проходят вначале подбойником (фиг. 57, г), осаживая сильными ударами материал кромки в глубь шва, затем рифленой чеканкой (фиг. 57, д) заканчивают осаживание материала в глубь шва до тех пор, пока вся линия не будет отделана правильно и ровно.

Для выполнения последней части этой работы рифленую чеканку заменяют гладкой шовной (фиг. 57, е).



Фиг. 58. Способы подчеканки кромок листов: а — рациональный способ подчеканки; б — неправильный способ подчеканки.

При пневматической подчеканке подчеканку шва производят сначала подбойником по всей толщине торца листа, затем проходит кругляком, образуя вдоль кромки канавку. После этого отделку кромки заканчивают гладкой шовной чеканкой.

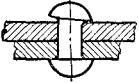
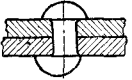
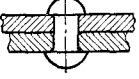
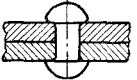
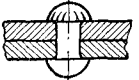
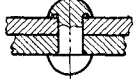
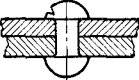
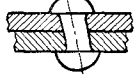
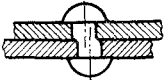
На фиг. 58 показан рациональный способ подчеканки (а) и неправильный способ (б), образующий канавку в листе и ослабляющий его.

В барабанах котлов швы необходимо подчеканивать с двух сторон (наружной и внутренней). Заклепочный шов, подчеканенный только снаружи, будет разрушаться проникающими в него с внутренней стороны солями питательной воды.

Подчеканку заклепок и кромок листов на котлах можно производить только при отсутствии в них давления.

Подчеканку шва при местной неплотности нужно начинать на расстоянии 150—200 мм от места течи и продолжать ее на такое же расстояние за ее границу, усиливая удары в месте течи и ослабляя удары после прохода его.

34. Дефекты клепки, способы их определения и причины

Характер дефекта	Эскиз	Способ определения	Причина
Неплотное заполнение отверстия стержнем заклепки	—	Распознается по дребезжащему звуку и дрожанию головки во время ее простукивания	Малый диаметр заклепки; неумелое выполнение клепки
Неплотное прилегание головки заклепки к листу		Отставание кромки головки от поверхности листа. Заметно на глаз и выявляется при помощи шула	Неправильное положение обжимки при клепке; неумелое выполнение клепки
Сдвиг замыкающей головки заклепки в сторону		Приводит к неравномерному обжатию листов вокруг заклепки	То же
Маломерная замыкающая головка заклепки		Визуально и замером	Недостаточная длина стержня заклепки
Недообжатая замыкающая головка заклепки		Визуально	То же
Рваные края у головки заклепки		То же	Плохое качество металла заклепки или перегрев при нагревании
Грибовидная закладная головка заклепки		Обнаруживается при тщательном осмотре и при чеканке головки	Неумелое пользование обжимкой
Насечки на головке заклепки или на листе		Визуально	То же
Косо посаженная заклепка		Замерами	Косо просверленное заклепочное отверстие
Смещение заклепок в отверстиях		То же	Получается по установке заклепок подряд. Клепку следует производить с последующей постановкой заклепок в пропущенные заклепочные отверстия

Сварочные работы при ремонте котлов [1]

Основные требования*. Сварка барабанов, коллекторов, жаровых труб, огне-вых коробок, трубных решеток, камер и других аналогичных элементов паровых котлов, пароперегревателей и водяных экономайзеров может производиться в промышленных котельных только с разрешения областной Инспекции Котлонадзора.

При монтаже и ремонте паровых котлов электродуговая и газовая сварка труб поверхностей нагрева котлов, экранов, пароперегревателей и экономайзеров, а также трубопроводов в пределах котла в зимних условиях может производиться согласно следующему:

1) трубопроводы и указанные выше элементы котлов, изготовленные из углеродистой стали с содержанием углерода менее 0,2%, могут свариваться при температуре окружающего воздуха не ниже -20°C без подогрева стыка, при толщине металла до 16 мм при толщине свариваемого металла свыше 16 мм с подогревом стыка до $100-200^{\circ}\text{C}$;

2) трубопроводы и указанные выше элементы котлов из углеродистой стали с содержанием углерода от 0,21 до 0,28% при толщине стенки до 16 мм могут свариваться при температуре окружающего воздуха не ниже -10°C без подогрева стыка, а при температуре окружающего воздуха ниже -10°C с подогревом стыка до $100-200^{\circ}\text{C}$;

3) трубопроводы и указанные выше элементы котлов из углеродистой стали с содержанием углерода от 0,28 до 0,33% и как исключение молибденовая сталь 13М могут свариваться при температуре окружающего воздуха не ниже -10°C без подогрева стыка, а при температуре ниже -10°C с подогревом стыка до $250-400^{\circ}\text{C}$.

Трубопроводы из хромомолибденовых сталей марок 12МХ, 15ХМ, 12МФХ и 12ХМФ могут свариваться при температуре не ниже -10°C с подогревом стыка до $250-400^{\circ}\text{C}$. При дожде, ветре, снегопаде сварочные работы могут производиться только при условии применения соответствующих приспособлений для защиты мест сварки от непосредственного воздействия дождя, ветра и снегопада.

В стыковых соединениях расстояние от кромок сварного шва до начала закруг-

ления штампованного днища (или других отбортованных элементов) должно быть:

При толщине стенки s отбортованного элемента в мм	До 10	10—20	Св. 20
Расстояние от кромок сварного шва до начала закругления отбортованного элемента в мм не менее	25	$s+15$	$\frac{s}{2}+25$

При изготовлении и ремонте трубчатых элементов поверхностей нагрева паровых котлов сварные стыки должны располагаться на прямых участках труб, при этом расстояние от сварного стыка до опоры должно быть не менее 100 мм.

При наварке концов труб поверхностей нагрева котла расстояние сварного стыка от наружной поверхности барабана или коллектора, а также от начала закругления трубы в местах изгиба должно быть не менее 50 мм. При вварке вставок на прямых участках в трубчатые элементы поверхностей нагрева котла длина вставки должна обеспечить расстояние между стыками шва не менее 150 мм.

Сварные стыки между элементами разной толщины должны иметь плавный переход от одного элемента к другому путем постепенного утонения более толстого элемента на длине, равной не менее пятикратной разности в толщине соединяемых элементов. Если разница в толщине стенок соединяемых элементов не превышает 5 мм, то допускается применение стыковых швов без предварительного утонения толстой стенки, при этом швы должны иметь плавный переход от толстого листа к тонкому.

Допускается сварка элементов котлов, скрепляемых связями или анкерными болтами, без предварительного утонения стенки толстого элемента при разнице в толщине, не превосходящей 50% толщины стенки тонкого элемента.

Для обеспечения правильной стыковки трубчатых элементов сваркой допускается холодная раздача концов труб на специальной оправке, но не более чем на 3% от внутреннего диаметра (для труб из углеродистой стали с наружным диаметром не более 83 мм и толщиной стенки не более 6 мм). Разница в толщине стенок стыкуемых концов труб поверхностей нагрева должна быть не более 15% средней толщины стенки.

При изготовлении соединения в стык между элементами одинаковой по номиналу толщины допускается смещение кромок на величину не более 10% толщины стыкуемых элементов, но не более 3 мм.

* Общие сведения по сварочным работам см. в разделе „Сварка и наплавка“ (стр. 43).

В сварных швах в отдельных случаях разрешается сверловка единичных отверстий с использованием их под вварные штуцеры и для развальцовки труб.

Получение предварительного и сопутствующего сварке нагрева в элементах сварных паровых котлов со стенкой толщиной более 10 мм является обязательным в следующих случаях: а) при сварке элементов из легированных сталей, если при исследовании их свариваемости была установлена необходимость в таком подогреве; б) при сварке элементов, если по каким-либо производственным условиям сварка производится при температуре ниже 0° С; в) во всех случаях при сварке углеродистой стали с содержанием углерода свыше 0,28%.

В тех случаях, когда применяется предварительный или сопутствующий подогрев, температура металла в зоне, прилегающей к шву, во все время процесса сварки должна быть не ниже температуры, установленной технологией сварки для данной марки стали.

В целях уменьшения внутренних напряжений, появляющихся в результате сварки элементов котлов, а также для улучшения структуры и механических свойств сварных соединений применяется последующая термообработка изготовленных с применением сварки изделий и деталей узлов. Для труб со стенкой толщиной менее 10 мм термообработка сварных стыков является обязательной только при применении легированной стали.

При ручной дуговой электросварке элементов паровых котлов должны применяться только толстопокрытые электроды высокого качества согласно ГОСТ 2523-51.

При газовой сварке элементов паровых котлов из углеродистой и легированной стали должна применяться сварочная проволока соответствующих марок по ГОСТ 2246-54. Допускается применение присадочного материала того же химического состава, что и основной металл *.

Требования к квалификации сварщиков. Электросварщики и газосварщики, допускаемые к сварке элементов паровых котлов, должны пройти предварительно теоретические и практические испытания в соответствии с действующими правилами испытания электросварщиков и газосварщиков **.

* О технике выполнения сварочных работ и применяемых при сварке электродах и присадочных материалах см. в разделе «Сварка и наплавка» (стр. 43).

** См. раздел «Основные правила производства ответственных сварочных работ» (стр. 68).

Электросварщики и газосварщики, допускаемые к сварке элементов паровых котлов из легированной стали или углеродистой стали с содержанием углерода выше 0,28%, а также из стали любой марки при толщине стенки более 25 мм, помимо указанных общих теоретических и практических испытаний должны выдерживать дополнительные теоретические и практические испытания.

Дополнительные практические испытания заключаются в выполнении нижеследующих работ:

а) в сварке стык пластин из двух частей той же толщины и той же марки, что и изделие, размерами, обеспечивающими вырезку из сваренной пластины образцов, необходимых для проведения всех установленных контрольных испытаний;

б) в сварке стык двух отрезков труб диаметром от 200 до 350 мм при толщине стенки от 8 до 20 мм;

в) в сварке стык двух отрезков труб диаметром от 200 до 350 мм при толщине стенки от 20 до 50 мм;

г) в приварке четырех штуцеров (коротышей) к отрезкам коллекторов;

д) в сварке четырех стыков из отрезков труб, применяемых для поверхностей нагрева;

е) могут назначаться другие виды испытаний по усмотрению комиссии в зависимости от характера работы сварщиков.

Из указанных работ сварщик выполняет те, к которым он будет допущен на производстве.

Контроль качества сварных соединений элементов, работающих под давлением, осуществляется методами, изложенными в разделе «Сварка и наплавка» (стр. 64). Барабаны, коллекторы и другие аналогичные элементы и детали котельных агрегатов, кроме того, подвергаются гидравлическому испытанию.

Сварные стыки труб бракуются в случаях обнаружения следующих дефектов:

а) подрезов основного металла в месте перехода в него наплавленного металла шва (фиг. 59, а);

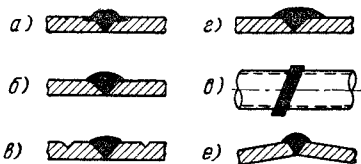
б) наплывов в месте плавного перехода от усиления шва к основному металлу трубы; этот дефект устраняется путем оплавления металла шва до появления плавного перехода от усиления к основному металлу трубы (фиг. 59, б);

в) наличия большого количества забоин от проковочного молотка (фиг. 59, в); максимально допускаемая глубина подреза или забоины от проковочного молотка не должна превышать 5% толщины стенки

трубы; в случае большой глубины подреза или забоин исправление обнаруженного дефекта производится путем дополнительной заварки последнего;

г) одностороннего усиления шва (фиг. 59, а); этот дефект исправляется дополнительной наплавкой присадочного материала на недостаточно усиленное место до достижения валиком шва нормальной формы усиления;

д) расположения усиления шва под углом к оси трубы (фиг. 59, б); для труб диаметром до 60 мм допускается отклонение усиления не более 2 мм от плоскости



Фиг. 59. Наружные дефекты сварных швов: а — подрез; б — наплав; в — забоины от молотка; г — одностороннее усиление; д — усиление под углом к оси трубы; е — перелом в месте сварки.

середины стыка, перпендикулярной к оси трубы, для труб диаметром от 60 до 150 мм и выше это отклонение не должно превышать 5 мм; если отклонение выходит за указанные пределы, то исправление данного дефекта производится путем местной подварки усиления шва с противоположных сторон;

е) перелома в месте сварки труб (фиг. 59, е); данный дефект устраняется путем правки стыка с одновременным нагревом как самого стыка, так и трубы на расстоянии 100—150 мм от места сварки; нагрев производится до температуры примерно 900—950° С.

Проверка внутреннего сечения труб для выявления возможного сужения их сечения (или выявления застрявших тел) осуществляется следующими способами:

1) осмотром прямых или доступных участков изогнутых труб, освещая их изнутри электрической лампой или лампой установленной с противоположного конца осматриваемой трубы;

2) пропуская в трубу контрольный металлический шарик диаметром меньшим (1—1,5 мм), чем внутренний диаметр проверяемой трубы; шарик прогоняется струей сжатого воздуха давлением 4—6 ат; можно также пользоваться проволочным шариком, привязанным на прочной бечеве; стыки, через которые шарик не проходит, подлежат вырезке и вместо них ввариваются новые отрезки трубы.

Проверка механических свойств сварных стыковых соединений барабанов, паросборников и других аналогичных узлов паровых котлов из листовой стали производится путем механических испытаний сварных образцов, вырезаемых из контрольных пластин, сваренных одновременно с изготовлением контролируемых сварных изделий с применением тех же исходных материалов, методов сварки и сварочных режимов, как и при изготовлении самих изделий.

Для проведения механических испытаний из каждой контрольной пластины вырезаются нижеследующие образцы: два образца для испытания на растяжение; два образца для испытания на загиб; три образца для испытания на ударную вязкость (при надобности). Формы и размеры образцов для механических испытаний должны соответствовать ГОСТ 6996-54.

Для контроля качества сварных соединений в трубчатых элементах со стыковыми швами при толщине стенки не менее 12 мм одновременно со сваркой последних должны свариваться в тех же производственных условиях контрольные стыки, из которых в дальнейшем изготавливаются образцы для проведения механических испытаний.

В случае получения неудовлетворительных результатов по какому-либо виду механических испытаний допускается проведение повторных испытаний на двойном количестве образцов против давших неудовлетворительные результаты по этому виду испытаний. Если хотя бы один из повторных образцов дает неудовлетворительные результаты, то результат по данному виду испытаний считается неудовлетворительным.

Гидравлическое испытание имеет своей целью проверку прочности и плотности сварных соединений.

Для сварных элементов, коллекторов, тройников, камер, компенсаторов и других фасонных частей гидравлическое испытание производится давлением, превышающим рабочее в 1,5 раза. Гидравлическое испытание проводится после рентгеноконтроля и термообработки (если она необходима) сварного изделия с остуживанием сварного шва ручником.

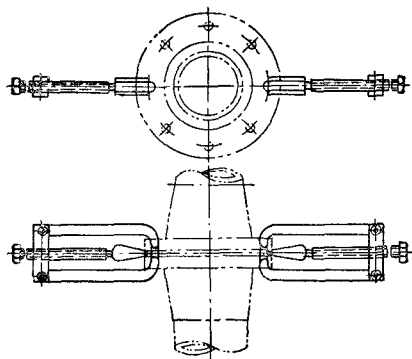
Ремонт арматуры котельного агрегата [2]

Осмотры и проверка арматуры производятся на месте, без ее снятия. До начала проверки участок трубопровода с арматурой должен быть надежно отключен, а арматура очищена от изоляции.

Проверяется легкость открытия и закрытия запорного органа. Все обнаруженные заусенцы и забоины на резьбе шпинделя должны быть тщательно выведены.

При осмотре и проверке арматуры необходимо убедиться в надежности действия всех узлов дистанционных приводов. При этом должны быть тщательно очищены, промыты керосином и вновь смазаны зубчатые пары и шарниры.

При смене набивки сальников их камеры и шпиндель тщательно очищаются от остатков старой набивки; пользоваться при этом острым металлическим инструментом недопустимо во избежание повреждения поверхности шпинделя.



Фиг. 60. Приспособление для раздвижки фланцевых соединений.

При смене прокладок, если не представляется возможным снять арматуру, нельзя раздвигать фланцы зубилами или клиньями; для этого следует пользоваться приспособлениями, подобными приведенному на фиг. 60. Зеркала фланцев при смене прокладок тщательно очищаются до металлического блеска так, чтобы не оставалось рисок или штрихов от шабера.

Ремонт арматуры. Ремонт установленной на котле арматуры производится, как правило, при текущих и капитальных ремонтах.

В период текущих ремонтов ремонтируется лишь арматура, имеющая повреждения и износы, при капитальных же ремонтах подлежит ревизии и ремонту вся установленная арматура.

Ремонт запорной арматуры производится на месте и в ремонтно-механической мастерской котельной.

Ремонт арматуры на месте ее установки предусматривает следующие операции:

а) снятие и установку крышки с укрепленными на ней деталями;

б) обработку зеркала фланца под крышку;

в) ремонт уплотнительных колец в корпусе;

г) удаление уплотнительных колец корпуса;

д) ремонт уплотнительной поверхности гнезда в корпусе под уплотнительное кольцо и замену колец;

е) заваривание мелких свищей корпуса.

Все остальные ремонтные операции по арматуре производят в мастерской.

Перед снятием крышки с ремонтируемой крупной арматуры необходимо ее затвор открыть до отказа, застропить крышку и снять болты. При подъеме крышки должно обеспечиваться строго вертикальное положение, особенно для регулирующей арматуры.

Дефекты зеркала фланцев глубиной менее 0,5 мм выводятся абразивным кругом с приводом от пневмо- или электромашины. Дефекты глубиной 0,5 мм и более устраняются резцовыми приспособлениями.

При большом износе уплотнительных колец, устранить который проточкой невозможно, производят смену колец.

Кольца из азотированных сталей должны заменяться при износе более 0,1—0,2 мм.

При снятии арматуры для отправки ее в мастерскую необходимо соблюдать следующие условия:

1) перед снятием крупной арматуры ее надлежит застропить; стропить арматуру можно только за корпус или крышку через колонки и отверстие для сальника; ни в коем случае нельзя вязать за штурвал, шпиндель или сальник;

2) при бесфланцевой арматуре рез для ее демонтажа должен делаться только на прямом участке и отстоять от конца загиба трубы на расстоянии не менее 100 мм; длина вставного патрубка при сварке отремонтированной арматуры должна быть не менее 200 мм;

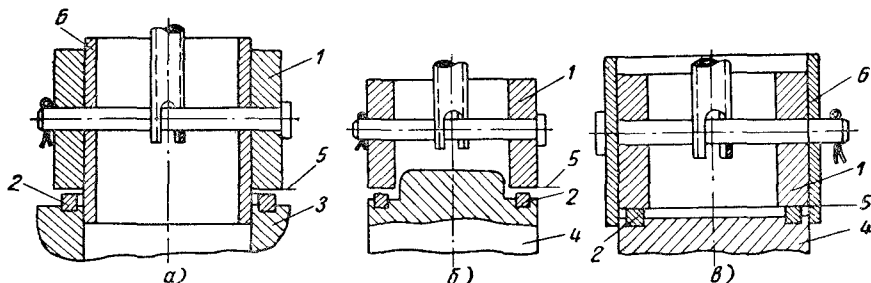
3) места реза и последующей сварки не должны располагаться на опоре или хомуте подвески;

4) отрезка бесфланцевой арматуры производится ножовками или газовыми резаками.

При уменьшении диаметра шпинделя должны проверяться зазоры его в кольце сальника, в сальниковой втулке и крышке; они не должны превышать 0,2—0,25 мм. При повреждении сферической заточки конца шпинделя ее обрабатывают на станке.

Изношенные уплотнительные поверхности вентилей, задвижек и предохранительной арматуры целесообразно восста-

твердостью $H_B = 140 \div 200$. Для уменьшения потребного количества притиров их делают двусторонними *.



Фиг. 61. Типы двусторонних притиров: а — притир кольца в корпусе; б — то же в тарелке с вытеснителем; в — то же в тарелке без вытеснителя; 1 — притир; 2 — уплотнительное кольцо; 3 — корпус; 4 — тарелка; 5 — притирующая поверхность притира; 6 — сменная направляющая втулка.

навливать наплавкой легированными электродами. Наплавка производится как на корпус вентили, так и на уплотнительные детали арматуры (седла, тарелки, кольца). Подготовленная к наплавке деталь устанавливается так, чтобы наплавляемый участок находился в горизонтальном положении. При наплавке непосредственно на корпус его следует помещать в ящик с подогретым песком для равномерного остывания до температуры $40-60^\circ\text{C}$.

Толщина напавленного слоя должна выбираться с учетом припуска на механическую обработку (не менее 3 мм на сторону и 3—5 мм по высоте).

Одной из основных операций по ремонту арматуры является притирка уплотнительных поверхностей. С помощью притирки обеспечивают получение плотного стыка уплотняющих поверхностей клапана и седла, непроницаемого для пара и воды.

Притиркой устраняются повреждения и неровности уплотнительных поверхностей, глубина которых не превышает 0,05 мм. Более глубокие дефекты выводятся шлифованием или проточкой.

Притирка колец предохранительных клапанов должна производиться особо тщательно, в связи с чем ее производят обычно в мастерской, а не на месте установки.

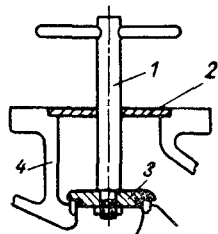
Притирка уплотнительных поверхностей арматуры должна производиться специальными притирами; производить притирку одной детали арматуры по другой не рекомендуется.

Наиболее распространенные типы притиров, применяющиеся для притирки седел, приведены на фиг. 61 и 62. Притиры изготавливают обычно из мягкого чугуна

В больших котельных для притирки и шлифования арматуры применяют специальные станки либо приспособляют токарные или сверлильные станки.

При ремонте предохранительных клапанов опорные призмы шпинделей, стоек

Фиг. 62. Приспособление для притирки седла клапана вручную: 1 — шток; 2 — направляющая планка (кондуктор); 3 — шлифующий диск; 4 — корпус задвижки.



и опорные места рычагов должны быть тщательно подогнаны опиловкой и соприкасаться всей рабочей кромкой.

Испытание и регулировка арматуры. Плотность (герметичность) арматуры после ремонта проверяют гидравлическим испытанием, пробным давлением, указанным в табл. 61—64, приведенным в разделе «Трубопроводные работы» (стр. 466).

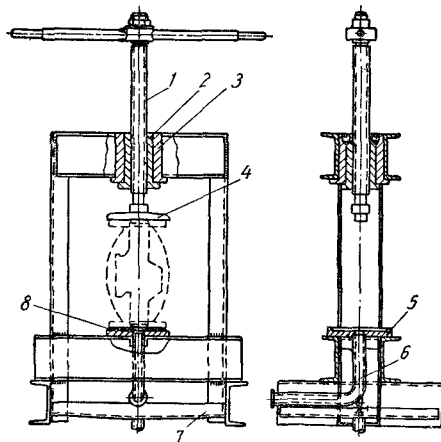
Для испытания (опрессовки) арматуры в мастерской целесообразно применение испытательных стенов. Конструкция одного из таких стенов приведена на фиг. 63.

Пробное давление должно поддерживаться в течение 5 мин., затем давление снижается до рабочего. При рабочем давлении производится осмотр арматуры, с тем чтобы убедиться в отсутствии пропусков.

* О притирке и притирочных материалах см. в разделе: «Притирка» (стр. 443).

Под рабочим давлением необходимо выдерживать мелкую арматуру не менее 30 мин. и крупную арматуру не менее 1 часа. Арматура считается выдержавшей испытание, если не обнаружится течь, пропуск или потение.

По окончании гидравлического испытания необходимо полностью удалить воду из арматуры, насухо протереть фланцы



Фиг. 63. Стенд для испытания арматуры: 1 — винт; 2 — гайка; 3 — втулка; 4 — зажимная шайба; 5 — диск; 6 — труба; 7 — корыто; 8 — прокладка к диску (при испытании фланцевой арматуры — паронитовая, бесфланцевой — из легкой отоженной стали).

и шпindel и смазать их тавотом, зеркала фланцев закрыть заглушками, а проходные отверстия бесфланцевой арматуры закрыть пробками.

При транспортировке и установке отремонтированной арматуры на место штурвалы нужно снять. После установки арматуры на месте производится проверка ходовой части путем открытия и закрытия.

Предохранительные клапаны котла должны быть отрегулированы: при давлении 7—13 кг/см^2 на давление, превышающее рабочее на 3%; при давлении 13—100 кг/см^2 на давление, превышающее рабочее на 5%, а контрольные клапаны на 3%.

Ремонт цепных решеток

Основные причины неполадок в работе цепных решеток. Нарушение движения цепного полотна, неполадки в работе и аварии цепных решеток происходят вследствие:

1) нарушения установленных зазоров из-за коробления и искривления деталей

рамы решетки, чаще всего при отсутствии свободы ее тепловых расширений;

2) задевания подвижного полотна за подпанельные плиты либо за плиты бортового уплотнения;

3) образования очага горения провала внутри решетки, вызывающего местный нагрев либо перегор поперечных связей, перегородок, опорных конструкций направляющих шин и самих шин;

4) выпадения бортовых и рядовых колосников и задевания их за раму решетки;

5) обрыва цепи при срезании шплинтов или разрыва ведущих цепей в случае их недостаточной прочности;

6) заклинивания решетки выступающими или выпавшими частями поврежденных колосников при их упоре в стволы междужонного уплотнения, шлакоснимателя и другие неподвижные элементы рамы.

Работы по ремонту цепных решеток

При текущем ремонте производится:

а) осмотр полотна решетки; при необходимости перешплинтовка крайних колосников; подтяжка болтов и замена поврежденных колосников;

б) осмотр направляющих шин;

в) проверка состояния золотников с приводами подшипников;

г) осмотр и проверка состояния главной червячной шестерни, коробки скоростей, переключателя скоростей и замена масла;

д) проверка центровки электродвигателя;

е) осмотр состояния привода шлакового подпора;

ж) проверка состояния колосников подпора и замена дефектных.

При капитальном ремонте производится:

а) снятие фронтных плит с последующей заменой уплотнительного шнура;

б) расшплинтовка колосников и бимсов, после чего производится разборка всего полотна решетки, включая цепи; по мере разборки производится рассортировка и тщательный осмотр деталей с отбраковкой дефектных и изношенных; все снятые с ходовой части решетки и бимсы должны быть проверены на удлинение и прогиб; бимсы, имеющие кривизну, выправляются в горячем состоянии;

в) разборка золотников, зонных плит приводов к ним с отбраковкой изношенных деталей; детали с небольшой температурной деформацией выправляются в нагретом состоянии; при сборке золотников,

зонных плит и приводов к ним должна быть произведена регулировка и обеспечена правильность действия;

г) разборка подшипников, снятие переднего и заднего валов решеток, выверка их на прогиб, на износ шек и шпоночных гнезд; обнаруженные дефекты устраняются; методы ремонта аналогичны ремонту таких же деталей других машин;

д) проверка состояния рамы решеток, устранение перекосов и замена дефектных балок и связей;

е) ремонт редуктора — главной червячной шестерни, коробки скоростей и переключения скоростей производится с разборкой механизма, чисткой, промывкой и заменой изношенных дефектных деталей;

ж) разборка механизма шлакового подпора с ревизией привода, кулачков, подвесок, колосников подпора и других деталей, замена изношенных деталей; при сборке шлакового подпора и его установке должна быть проверена исправность сцеплений (кулачков, тяг, подвесок), действие указателя приводного механизма (сверив его положение с фактическим подъемом), прилегание и зазоры колосников подпора к полотну решетки и произведена регулировка действия всего устройства в целом;

з) ревизия и опрессовка панельных охлаждаемых балок; при обнаружении течи в соединительных трубах и балках они заменяются новыми;

и) ревизия электродвигателя и его центровка.

После окончания ремонта и сборки цепной решетки и установки всех механизмов производится холодное испытание — обкатка и регулировка механизмов.

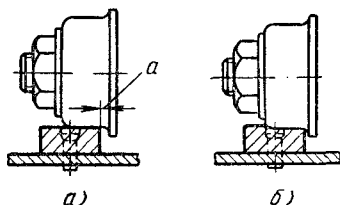
Допуски и зазоры. Р а м а р е ш е т к и. Допускаемый перекося рамы решеток по высоте боковин рамы и опорных башмаков 1 мм на 1 м ширины решетки. Отклонение горизонтальности установки поперечных связей решетки допускается 1 мм на 1 м ширины решетки.

Допускаемый прогиб бимсовых балок 1 мм на 1 м длины, допуск по длине балки $\pm 2 \text{ мм}$. Горизонтальное искривление бимсовых балок более 2 мм не допускается. Зазор между нижней кромкой бимсы и столом междузонных плит принимается равным $B + 4 \text{ мм}$, где B — ширина решетки; допуск $\pm 2 \text{ мм}$.

Направляющие шины следует устанавливать прямолинейно и параллельно между собой и осью решетки. Допуск на параллельность направляющих шин и оси ре-

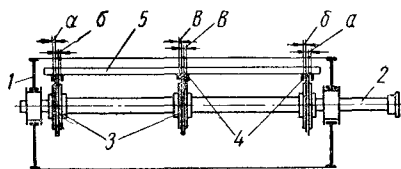
шетки $0,5 \text{ мм}$ на 1 м длины решетки. Зазор между буртом ролика и кромкой шины a устанавливается в пределах $5 \pm 2 \text{ мм}$ (фиг. 64).

Правильная и неправильная установка направляющих шин цепной решеткой показана на фиг. 64



Фиг. 64. Установка направляющих шин цепной решетки: a — правильная; b — неправильная.

Х о д о в а я ч а с т ь р е ш е т к и. Зазоры между звеньями цепей ходовой части решетки и зубьями звездочек должны быть следующими (фиг. 65): $a = 3 \text{ мм}$ (допуск $\pm 2 \text{ мм}$), $b = 7 \text{ мм}$ (допуск $\pm 2 \text{ мм}$), $v = 5 \text{ мм}$ (допуск $\pm 2 \text{ мм}$). Зазор между зубьями звездочек и звеньями цепи для решеток БЦР 6 мм , допуск $\pm 3 \text{ мм}$. Зазор между ходовой частью и корпусами подшипников валов не менее



Фиг. 65. Зазоры между звеньями ведущих цепей и зубьями звездочек: 1 — рама; 2 — вал; 3 — звездочка; 4 — звенья цепей; 5 — бимсовая балка.

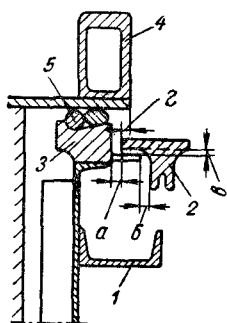
$15\text{--}20 \text{ мм}$, между ходовой частью и кладкой для низа полотна не менее $40\text{--}50 \text{ мм}$.

В а л ы р е ш е т к и. Изгиб вала решетки не допускается. Допускаемое отклонение от горизонтальности установки валов: переднего (ведущего) 1 мм на 1 м ширины решетки, заднего 2 мм на 1 м ширины решетки. Зазор между крайней звездочкой и корпусом подшипника должен быть не менее 3 мм на 1 м ширины решетки для переднего вала и соответственно 4 мм на 1 м для заднего. Браковочный предел износа шек $1,2 \text{ мм}$.

П о д ш и п н и к и. При сборке подшипников следует обращать особое внимание на плотность корпуса, тщательно

уплотнять лабиринты в крышках для предотвращения попадания золы. Наиболее надежными в эксплуатации являются самоустанавливающиеся роликоподшипники. При установке игольчатых подшипников зазоры в них должны устанавливаться таким образом, чтобы сумма диаметров двух роликов и шейки вала была меньше диаметра гнезда в подшипнике переднего вала на 1 мм и 1,5—2 мм для опор заднего вала.

Колосники. Разность в длинах цепей одного колосникового полотна при вытянутом положении должна быть не



Фиг. 66. Установка бортовых колосников решетки: 1 — рама решетки; 2 — бортовой колосник; 3 — уплотняющая балка; 4 — панельная балка; 5 — асбестовый шнур.

более 15 мм. Установка колосников БЦР должна допускать свободную игру не менее 3 мм в продольном и 2 мм в вертикальном направлении. Зазор между рядами колосников 6 мм; допуск ± 2 мм. Зазоры между бортовыми (крайними) колосниками и уплотняющими панелями должны быть следующими (фиг. 66):
 $a = 12 \div 14$ мм;
 $b = 10 \div 12$ мм;
 $c = 8 \div 10$ мм;
 $d = 25 \div 30$ мм.

Назначением шлаковых подпоров является в основном улучшение выжиги шлака, а не очистка от него полотна, в связи с чем зазоры между нижней кромкой подпоров и колосниковым полотном следует устанавливать 15—20 мм (при меньших зазорах возможно заклинивание решетки).

Дутьевой короб. Крепление зонных воздушных заслонок дутьевого короба должно обеспечивать их свободное движение, полное открытие и плотное закрытие. С учетом температурного расширения зазор между регулировочной зонной заслонкой и рамкой дутьевого короба должен быть до 1 мм.

Ремонт обмуровки котла

Основные обмуровочные работы, выполняемые при ремонте котлов, приходятся на топку, так как они работают в наиболее тяжелых температурных условиях.

К ремонту обмуровки приступают после очистки котельного агрегата. Иногда тех-

нологический график ремонта котельного агрегата предусматривает одновременные работы котлочистов, обмуровщиков, слесарей и др.; в этом случае должны применяться защитные настилы и другие меры техники безопасности.

В объем ремонтных обмуровочных работ, выполняемых при ремонте котельного агрегата, входит восстановление изношенной кладки в топке, ремонт кладки у пароперегревателей, ремонт сводов, исправление кладки в газоходах, ремонт футеровки золовых бункеров и др.

Ремонт и перекладку обмуровок следует производить только на тех участках, где кладка износилась (выгорела, выпалывалась, разведена, раскололась), не разрушая и не перекладывая участков, которые находятся еще в достаточно хорошем состоянии.

При выполнении обмуровочных работ должны обеспечиваться следующие требования:

- а) толщина швов в футеровке неэкранированных топочных камер должна быть не более 2 мм, а при газовом и мазутном отоплении не более 1,5 мм;
- б) толщина швов экранированных топочных камер должна быть 2—3 мм;
- в) толщина швов в сводах и арках должна быть в огневых не более 1,5 мм, в разгрузочных не более 2 мм;
- г) футеровку золовых бункеров необходимо выполнять из красного кирпича со швами толщиной 5 мм;
- д) футеровку шлаковых бункеров выполнять из шамотного кирпича со швами толщиной 3 мм;
- е) отклонения от вертикальности и горизонтальности швов кладки не должны превышать ± 5 мм на длине 2 м;
- ж) отклонения вертикальности самой кладки должны быть не более ± 2 мм на каждый метр высоты кладки, но не более 10 мм на всю высоту;
- з) вертикальные температурные швы необходимо делать в угловых сопряжениях стен, ширина температурных швов не менее 15 мм;
- и) горизонтальные температурные швы нужно выполнять под барабанами, камерами секций и экранов;
- к) между кладкой и каркасом должны оставаться зазоры 5—10 мм;
- л) замковые кирпичи в сводах и арках должны располагаться точно по центру;
- м) в местах вывода труб через кладку нужно обертывать трубы шнуровым асбестом толщиной не менее 15 мм;

н) в местах, где обмуровка работает в наиболее тяжелых температурных условиях, не следует допускать обтеску кирпичей. Составы и нормы расхода растворов при производстве обмуровочных работ приведены в табл. 35.

Для повышения стойкости обмуровки котлов и уменьшения присосов воздуха через швы и неплотности кладки применяют огнеупорные обмазки, набивные

огнеупорные массы и огнеупорные бетоны (табл. 36).

Огнеупорная обмазка предохраняет футеровку и свод топки от преждевременного разрушения. Для нанесения обмазки при ремонтах топок котлов слабые места старой футеровки надлежит тщательно очистить от отставших и отколовшихся кирпичей и слегка смочить водой с добавлением небольшого количества жидкого

35. Состав и нормы расхода растворов при производстве обмуровочных работ

Наименование раствора	Расход на 1 м ³ кладки в м ³	Расход материала на 1 м ³ раствора	Область применения
Огнеупорный шамотный раствор при толщине швов в мм: 2 3 4 5	 0,08 0,12 0,15 0,18	Шамотного порошка до 2 м ³ , 960 кг, глины огнеупорной молотой 560 кг, воды 450 л	Кладка огнеупорного кирпича классов А и Б; температура окружающей среды 1670—1730° С
Цементно-известковый раствор (1:1:6)	0,28	Цемент 0,17 м ³ , известкового теста 0,17 м ³ , песка 1,06 м ³ , воды 202 л	Кладка огнеупорного кирпича класса В; температура окружающей среды 1580° С
Глиняный раствор	0,28	Глины гжельской 870 кг, песка горного 0,55 м ³ , воды 500 л	Кладка красного кирпича, температура не выше 700—750° С
Цементный раствор (1:4)	0,28	Цемент 0,27 м ³ , песка 1,06 м ³ , воды 170 л	Кладка наружных стен обмуровок и фундаментов (для фундаментов соотношение 1:3)

36. Огнеупорные обмазочные и набивные массы и шамотобетоны

Наименование массы	Состав массы	Область применения	Допускаемая температура работы в °С
Пластичная хромитовая масса	Хромитовой руды 91%, огнеупорной глины 3%, жидкого стекла 6%	Зажигательные пояса Пламенные перегородки Под топок с жидким шлакоудалением	1350
Пластичная шамотная масса	Шамотного порошка крупностью до 5 мм 70%, огнеупорной глины 25%, жидкого стекла 5%	Зажигательные пояса Пламенные перегородки Мелкие детали футеровки Защита коллекторов	1350
Шамотно-графитовая обмазочная масса	Шамотного порошка крупностью до 5 мм 35%, песка 35%, огнеупорной глины молотой 15%, графита в порошке 15%	Футеровка и свод топок, детали футеровки при ремонтах	1350
Шамотно-цементная защитная масса	Шамотного порошка крупностью до 5 мм 70%, огнеупорной глины молотой 15%, высокосортного глинозема 10%, жидкого стекла 5%	Защита барабанов и других металлических частей котла при ремонтах и сооружении	1400

Продолжение табл. 36

Наименование массы	Состав массы	Область применения	Допускаемая температура работы в °С
Карборундовая пластичная масса	Карборундового порошка 84—87%, огнеупорной глины 10—12%, сульфитного щелочка 3—4%	Футеровка боковых панелей в топках с цепными решетками Зажигательные пояса	1400
Шамотно-глинистая набивная масса	Щебня шамотного кирпича крупностью от 8 до 30 мм 5 объемных частей, шамотного порошка крупностью от 0 до 3 мм 4 объемные части, огнеупорной глины 1 объемная часть, жидкого стекла 0,1 объемной части	Неэкранированные участки стен топки Подвесные своды специальных конструкций, перегородки	1400
Шамотобетон	Глиноземистого цемента 20—30%, шамотного порошка 80—70%	Тонкослойные стены топки за экранными трубами Своды над экранными трубами Пламенные перегородки	1200
Легковесные бетоны	Глиноземистого цемента 35%, диатомитовой крошки или пеношамота 65%	Тонкослойные стены топки за сплошным экраном	900

стекла, после чего их покрывают обмазкой. Для лучшего схватывания в обмазку добавляют жидкое стекло, наполовину разбавленное водой.

Толщина слоя огнеупорной обмазки допускается до 15 мм. После обмазки футеровка должна быть обязательно просушена легким пламенем костра продолжительностью до суток.

Огнеупорную обмазку наносят также и на новую футеровку для удлинения ее срока службы; при этом толщина слоя обмазки допускается до 3 мм.

Набивные огнеупорные массы наносят на внутреннюю футеровку топки котла механическим способом из специального аппарата (торкрет-машины) струей сжатого воздуха давлением 3—3,5 ат в один прием слоем необходимой толщины, чем устраняется слоистость структуры.

Торкретирование футеровки топок котлов производят как на новую кладку, так и при ремонте, при этом толщина торкрет-слоя может быть от 20 до 70 мм. Нанесение торкрет-слоя производится на холодную или на горячую поверхность футеровки с последующей сушкой нанесенного слоя.

37. Укрупненные нормативы расхода огнеупорных и теплоизоляционных материалов для котельного агрегата (по данным МЭС СССР)

Наименование материала	Расход в % от веса всего огнеупорного кирпича на котельный агрегат
Огнеупорная глина	20
Шамотный порошок	30
Изоляционный кирпич . .	4

При ремонте футеровки торкретированием она должна быть очищена от грязи и больших наростов шлака; тонкий шлаковый слой удалять с футеровки не следует.

РЕМОНТ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Ремонт электрических машин

Очистка обмоток продуванием. Очистка обмоток электродвигателей производится продуванием сухим воздухом давлением до 2 ат. Продувание производится до полного прекращения отделения от обмоток

пыли. Струю воздуха необходимо направлять так, чтобы пыль не забивалась в пазы и в глубь обмотки. Если сжатого воздуха не имеется, пользуются ручными мехами. При продувании нужно избегать употребления металлических мундштуков, так как ими легко можно повредить изоляцию обмоток.

Промывка обмоток. Промывка производится многократным погружением обмотки в различных положениях в бак с моющей жидкостью или, если это невозможно вследствие больших размеров обмотки, путем обливания моющей жидкостью.

В качестве моющих жидкостей применяются четыреххлористый углерод, бензин и керосин. Лучшей моющей жидкостью является четыреххлористый углерод негорючий и быстро улетучивающийся (технические характеристики растворителей см. на стр. 1004).

Промывка производится до тех пор, пока стоки моющей жидкости не будут чистыми. Однако во избежание вредного действия моющей жидкости на лаковую основу обмотки общее время пребывания ее в жидкости не должно превышать 5 мин.

Для сокращения расхода моечных жидкостей на промывку они должны подвергаться фильтрации и использоваться вновь.

После промывки обмотка должна быть тщательно продута сухим сжатым воздухом давлением до 2 ат до полного удаления с ее поверхности моющей жидкости.

Промытая обмотка подвергается после продувки сушке.

Сушка обмоток. Общие сведения. Все электродвигатели, находящиеся продолжительное время в бездействии, в том числе и новые, независимо от того, что они были в свое время высушены и опробованы, перед пуском должны подвергаться сушке. Это необходимо производить даже в том случае, если сопротивление изоляции обмоток по отношению к корпусу, а также и между изолированными друг от друга обмотками окажется удовлетворительным, так как измерением сопротивления корпусной изоляции нельзя определить состояния изоляции. Может оказаться, что обмотки, имеющие большое сопротивление изоляции по отношению к корпусу, между отдельными элементами внутри (между витками) будут сырыми, и включение электродвигателя без предварительной просушки поведет к аварии.

Сушка обмоток электродвигателей производится несколькими способами, основными из которых являются:

- 1) сушка внешним нагреванием;
- 2) сушка током короткого замыкания;
- 3) сушка постоянным током;
- 4) сушка индукционным нагревом.

При сушке током корпус машины должен быть надежно заземлен путем присоединения голого гибкого медного провода сечением не менее 25 мм² к общему контуру заземления цеха.

Для ускорения процесса сушки за счет вентилирования электродвигатель подключают к сети. При этом необходимо иметь в виду, что при слишком сильной вентиляции он не может нагреться до необходимой температуры. Поэтому для ускорения сушки рекомендуется понижать число его оборотов, а у электродвигателей с искусственной вентиляцией регулировать количество охлаждающего воздуха путем соответствующего открытия входных и выходных вентиляционных отверстий.

Во время сушки в нескольких местах на обмотке и железе, а при сушке машин закрытого типа с проточной вентиляцией или замкнутой системой вентиляции также в струе выходящего горячего воздуха должны быть поставлены термометры. Шариком термометров, которые устанавливаются на обмотке и железе, нужно обернуть станнолю; сверху они должны покрываться ватой или войлоком. Необходимо следить за тем, чтобы вата не попала между шариком термометра и измеряемым местом. Термометры должны быть надежно укреплены, и положение их во время сушки не должно меняться. При определении температуры двигателя таким способом необходимо иметь в виду, что термометр показывает температуру поверхности в точке его приложения.

Метод сопротивления состоит в определении температуры обмоток по увеличению их омического сопротивления и дает среднюю температуру меди обмоток. При измерении температуры по методу сопротивления превышение температуры медных обмоток в °C над температурой охлаждающей среды вычисляется по следующей формуле:

$$T = \frac{R_{20^\circ} - R_{x0^\circ}}{R_{x0^\circ}} (235 + T_{x0^\circ}) + T_{x0^\circ} - T_0,$$

где R_{20° — сопротивление нагретой обмотки в ом; R_{x0° — сопротивление холодной

обмотки в Ω ; $T_{хол}$ — температура холодной обмотки в $^{\circ}\text{C}$; T_0 — температура охлаждающей среды в $^{\circ}\text{C}$. Приведенную формулу можно применять и в том случае, когда обмотка изготовлена из алюминия, но при этом необходимо заменить в ней число 235 числом 245.

Температура нагрева обмоток получается как сумма температур $T_{хол}$ и T_0 .

Сопротивление может быть определено методом амперметра и вольтметра, питая обмотки постоянным током низкого напряжения, или соответствующим измерительным мостиком или омметром.

Во время сушки наивысшая допустимая температура обмотки в наиболее горячем месте железа не должна превышать 70°C по термометру и 90°C по методу сопротивления.

В случае невозможности достичь указанных выше температур сушка может производиться при несколько пониженной температуре, причем соответственно удлиняется процесс сушки.

Температура выходящего воздуха у машин с проточной вентиляцией или с замкнутой системой вентиляции не должна превышать 65°C (по термометру).

Нагревание не должно происходить слишком быстро, иначе температура внутренних частей машины легко может достигнуть опасной величины, в то время как нагрев наружных частей и выходящего воздуха будет еще незначительным. Кроме того, при слишком быстром нагревании может произойти повреждение изоляции обмотки, так как постоянные времени нагрева железа и обмотки не одинаковы (возрастание температур и удлинение железа и меди происходят неравномерно) и образующийся внутри обмотки пар оказывает вредное влияние на изоляцию обмоток.

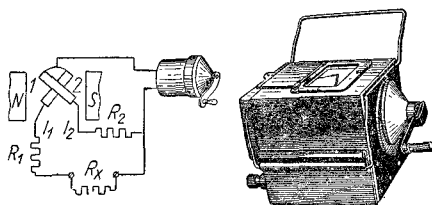
При сушке током следует повышать его постепенно, ступенями, чтобы при каждой ступени тока достигалась вполне установившаяся температура обмоток во избежание значительных внутренних нагревов. Только после того как температура обмоток установилась, можно производить дальнейшее увеличение тока.

Совершенно недопустимо форсировать сушку быстрым повышением температуры в начале сушки или превышением наивысшей допускаемой температуры (70 — 90°C), так как общий или местный перегрев может повредить изоляцию и значительно сократить срок службы электродвигателя. Наоборот, правильной сушкой можно привести в исправное состояние

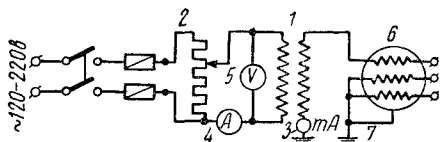
сильно отсыревшие обмотки электродвигателей, которые продолжительное время находились в воде.

Во избежание потери тепла машины при сушке закрывают брезентом на каркасе, палатками, ящиками и т. п. При этом обязательно должна быть обеспечена хорошая вентиляция для удаления влаги.

В продолжение всей сушки нужно периодически производить измерение температуры, величины тока, напряжения, числа оборотов и сопротивления изоляции. В начале сушки необходимо измерить сопротивление изоляции; во время сушки



Фиг. 67 Общий вид и схема мегомметра.



Фиг. 68. Принципиальная схема испытания изоляции обмотки статора электродвигателя: 1 — однофазный повышающий трансформатор; 2 — регулировочное сопротивление; 3 — миллиамперметр; 4 — амперметр; 5 — вольтметр; 6 — электродвигатель, изоляция статорной обмотки которого подлежит испытанию; 7 — провод, соединяющий корпус электродвигателя с землей.

запись температур следует производить не реже чем через 60 мин., а по достижении установившейся температуры через 30—60 мин., но наблюдение за температурой должно быть постоянным, чтобы не допустить превышения максимально допускаемой температуры. Результаты измерений должны вноситься в протокол сушки. По данным измерений следует строить кривые.

Сопротивление изоляции можно правильно измерить только постоянным током. При измерении переменным током возникающие заряды искажают измерение. Так, например, медь обмотки и железо испытуемой машины, разделяемые изоляцией, образуют конденсатор.

Обыкновенно для измерения сопротивления изоляции пользуются измерителем изоляции — мегомметром (фиг. 67), в котором постоянный ток вырабатывается не

большим индуктором, приводимым в движение рукояткой. Необходимо, однако, иметь в виду, что у плохих аппаратов этого типа, дающих неравномерное напряжение, пиковое напряжение иногда достигает четырехкратной величины постоянного тока, вследствие чего измерение становится неточным, кроме того, изоляция машины напрасно подвергается действию высокого напряжения. Поэтому для измерения сопротивления изоляции следует применять только проверенные аппараты напряжением 500 в.

При измерении сопротивления изоляции машина должна быть совершенно отключена от сети и распределительного устройства. Так как обмотки больших машин обладают значительной емкостью, вследствие чего требуется некоторое время, пока отклонение стрелки достигнет вполне установившейся величины, то отсчет значения сопротивления должен производиться только после того, как отклонение стрелки прибора станет стабильным. Измеренное сопротивление может быть различным в зависимости от величины измерительного напряжения, поэтому для правильного суждения о состоянии изоляции измерения всегда следует производить одинаковым напряжением.

Правилами устройства электротехнических установок величина сопротивления изоляции отдельных видов электрических машин не нормируется, однако ряд заводов-изготовителей указывает на наименьшие допускаемые величины сопротивления изоляции обмоток машин (табл. 38) при температуре после просушки, близкой к рабочей температуре (около 60° С).

Измерение сопротивления изоляции эксплуатируемой электромашины рекомендуется производить вместе с кабелем или

проводом, по которому производится питание этой электромашины.

При неудовлетворительном состоянии изоляции или резком уменьшении ее сопротивления по сравнению с предыдущим измерением кабеля или провода отсоединяются. Если окажется, что понижение сопротивления изоляции вызвано обмоткой, то измеряется сопротивление изоляции каждой фазы обмотки в отдельности при отсоединенных кабелях или проводах. Резкое уменьшение сопротивления изоляции одной из фаз по сравнению с другими фазами свидетельствует о наличии местного дефекта.

Сопротивление изоляции зависит от промежутка времени между приложением напряжения и производством отсчета по прибору. При сухой изоляции сопротивление ее при увеличении длительности приложения напряжения возрастает. Для проверки степени увлажненности изоляции обмоток следует производить измерения в течение 1 мин. и измерять сопротивление изоляции через 15 и 60 сек. Отноше-

ние сопротивлений $K_{аб} = \frac{R_{60''}}{R_{15''}}$ харак-

теризует степень увлажненности изоляции или коэффициент абсорбции сопротивления изоляции, т. е. поглощение, всасывание влаги. Чем больше изоляция увлажнена, тем меньше величина коэффициента абсорбции и, наоборот, чем суше изоляция, тем коэффициент абсорбции больше.

В настоящее время принято считать изоляцию обмотки статора класса В сухой,

если $\frac{R_{60''}}{R_{15''}} \geq 1,3$ при температуре обмотки порядка 20—40° С. Для неувлажнен-

38. Наименьшие допускаемые величины сопротивления изоляции электрических машин

Машины или их части	Наименьшая допускаемая величина сопротивления изоляции	Примечание
Статоры машин переменного тока высокого напряжения	1 мгом/кв	{ По Правилам технической эксплуатации электроустановок промышленных предприятий По ГОСТ 183-55
Статоры и роторы машин переменного тока низкого напряжения	0,5 мгом/кв	
Якоря машин постоянного тока напряжением до 750 в включительно	1 мгом/кв	
Машины	$R_{изм} = \frac{U_{ном}}{1000 + 0,01 P_{ном}}$	
$R_{изм}$ — сопротивление изоляции машины в мгом; $U_{ном}$ — номинальное напряжение обмотки машины в в; $P_{ном}$ — мощность машины в кка.		

ных машин коэффициент абсорбции лежит в пределах 1,3—2. Для машин увлажненных или имеющих местные дефекты в изоляции это отношение приближается к 1,0.

Коэффициент абсорбции сопротивления изоляции не нормируется и определение его обязательно для электромашин свыше 2 кв и мощностью свыше 1000 квт.

При низких значениях сопротивления изоляции обмотки статора производится измерение сопротивления изоляции отдельных фаз обмотки, для чего обмотки разединяются. Значительная несимметрия (более 25%) в значениях сопротивления изо-

ляции и в отношении $\frac{R_{60^\circ}}{R_{15^\circ}}$, полученных

на различных фазах, указывает на наличие местного дефекта. Одинаковое снижение указанных величин во всех трех фазах по сравнению с ранее произведенными измерениями указывает на увлажнение обмотки.

Сопротивление изоляции измеряется мегомметром между каждой обмоткой и корпусом и между обмотками. Перед началом измерения испытуемая обмотка должна быть заземлена на время не менее 2 мин. Допускается за начало отсчета принимать момент начала вращения рукоятки мегомметра.

Измерение сопротивлений статорных обмоток постоянному току производится для определения плохих соединений (контактов) в цепи обмоток. Это измерение является обязательным для электродвигателей ответственных агрегатов или мощностью 40 квт и выше, или напряжением 2 кв и выше.

Измерения сопротивления обмоток производятся обычно способом амперметра и вольтметра, причем электродвигатель должен находиться в холодном состоянии.

Величина сопротивления статорных обмоток различных фаз постоянному току

не должна отличаться от результатов предыдущих измерений или заводских данных более чем на 2%.

Электрическая прочность изоляции статорных обмоток электродвигателей проверяется испытанием в течение 1 мин. повышенным напряжением переменного тока. Величина испытательного напряжения устанавливается не ниже 1,3 номинального напряжения электродвигателя; при каждом последующем испытании испытательное напряжение постепенно повышается до значений, приведенных в табл. 39 (фиг. 69).

39. Максимальные напряжения при испытании электрической прочности изоляции статорных обмоток повышенным напряжением переменного тока (без смены обмоток)

Номинальное напряжение обмотки двигателя в в	до 400	500	2000	3000	6000	10000
Испытательное напряжение переменного тока в в	1000	1500	4000	5000	10000	16000

Испытание повышенным напряжением переменного тока статорных обмоток является весьма эффективным способом выявления дефектов изоляции и определения ее состояния.

Испытание повышенным напряжением изоляции обмоток возбуждения от корпуса и бандажей для синхронных двигателей производится напряжением переменного тока $0,75(2U_{ном} + 1000)$, но не ниже 1000 в.

Основанием для суждения об успешности сушки является сопротивление изоляции. Во время сушки вследствие испарения влаги из обмоток сопротивление изоляции обычно сначала понижается по мере нагретия машины, но после достижения

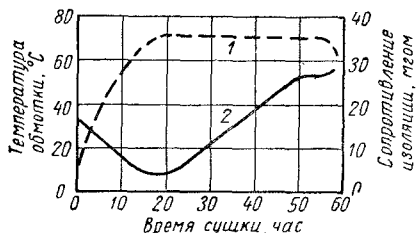
40. Минимальная продолжительность сушки электрических машин индукционным нагревом

Наименование машин	Минимальное время в час. для достижения температуры		Продолжительность сушки в час.	
	50° С	70° С	Минимальная после достижения установившегося сопротивления изоляции	Общая
Малые и средние машины	2—3	6—7	3—5	15—20
Большие машины открытого типа	10—15	15—25	3—5	40—60
Большие машины закрытого типа и турбогенераторы	20—30	30—50	3—5	70—100

минимума оно начинает возрастать и, наконец, становится постоянным или незначительно изменяется в сторону повышения. При таком установившемся сопротивлении изоляции рекомендуется продолжать сушку еще 5—10 час.

Ни в коем случае нельзя прекращать сушку, если сопротивление изоляции продолжает понижаться.

Минимальная продолжительность сушки методом индукционного нагрева приведена в табл. 40.

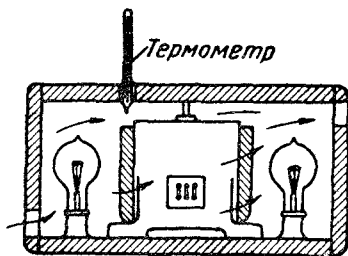


Фиг. 69. Типовые кривые температуры и сопротивления изоляции обмотки за время сушки: 1 — температура обмотки; 2 — сопротивление изоляции обмотки.

Типовые кривые изменения температуры и сопротивления изоляции обмотки за время сушки приведены на фиг. 69.

Если машина не поддается сушке, т. е. если не будет достигнуто наименьшее допустимое сопротивление изоляции, сушку следует прекратить, дать машине охладиться до температуры на 5—10° С выше окружающей среды и повторить сушку.

Сушка внешним нагреванием. Этот способ сушки может быть применен для всех машин и обязателен для машин сильно отсыревших. Для нагревания применяются лампы накаливания (фиг. 70) и инфракрасные; нагревательные



Фиг. 70. Примерная схема сушильного устройства.

сопротивления; закрытые печи (открытые печи или жаровни применять не реко-

мендуется, так как они опасны в пожарном отношении); батареи парового отопления при условии, что они нигде не пропускают пара. Источники нагревания должны помещаться возможно ближе к машине или внутри нее. При этом нужно следить за тем, чтобы ближайшие к источнику нагревания части нагревались не выше 90° С (в случае необходимости для этого следует проложить асбестовые щиты).



Фиг. 71. Внешний обдув машины воздуходувкой

Хорошие результаты получаются при обдувании машины нагретым воздухом (воздуходувкой). При этом воздуходувка должна быть установлена так, чтобы нагретый воздух обдувал всю обмотку (фиг. 71). Для достижения равномерного обдувания нужно время от времени переставлять воздуходувку. Температура нагретого воздуха не должна превышать 90° С.

41. Время сушки обмоток электрических машин в сушильных шкафах с нагревательными элементами (ориентировочное)

Активная сталь	Полная длина стали в мм		
Из одного сплошного пакета	До 100	100—200	200—300
Из нескольких пакетов по 40—50 мм каждый	До 250	250—500	500—800
Время сушки в час.			
До пропитки	6	8	10
После первой пропитки	6	10	12
После второй и третьей пропиток . .	10	24	48

Примечания: 1. Время разогрева шкафа до заданной температуры сушки не учитывается.

2. Время сушки обмоток в шкафах с инфракрасным излучением сокращается против указанного выше в 3—5 раз.

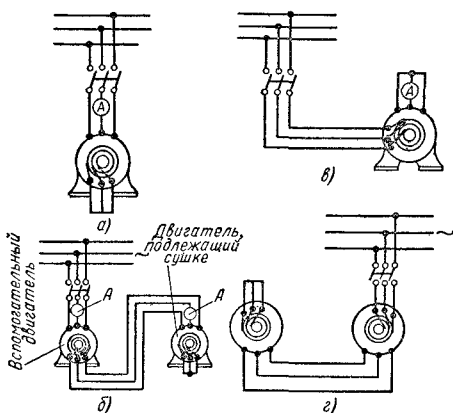
3. Во всех случаях точное время сушки устанавливается: при сушках до и после пропиток путем контроля сопротивления изоляции, а при покрытиях путем контроля за отсутствием отслаивания (прилипания лаковой пленки к пальцу при нажатии).

При сушке внешним нагреванием, как и при всех других способах сушки, температуру необходимо повышать постепенно.

Время сушки обмоток до и после пропиток в сушильных шкафах с нагревательными элементами указано в табл. 41.

Сушка током короткого замыкания. Способ сушки током короткого замыкания может применяться в исключительных случаях, когда нельзя применить других способов сушки.

Для сушки током короткого замыкания статор присоединяют к сети напряжением, равным $\frac{1}{5}—\frac{1}{10}$ номинального напряжения двигателя, а ротор затормаживают



Фиг. 72. Схемы сушки асинхронных машин постоянным источником трехфазного тока в режиме короткого замыкания.

(если ротор фазный, затормаживают и соединяют с пусковым реостатом).

При сушке необходимо следить за тем, чтобы ток не превышал 40—50% номинального. Лучше всего для сушки иметь генератор, напряжение которого можно регулировать (см. принципиальные схемы на фиг. 72).

В случае слишком быстрого повышения температуры, а также при достижении наивысшей допускаемой температуры напряжение на зажимах статора должно быть соответственно понижено. Если нельзя понизить напряжение, то периодически выключают ток или на короткое время пускают двигатель в ход для охлаждения.

Во время сушки током короткого замыкания необходимо внимательно следить за нагреванием бандажей фазного ротора, так как они легко могут перегреться и распаяться, а это впоследствии, при пуске, может вызвать аварию двигателя. В слу-

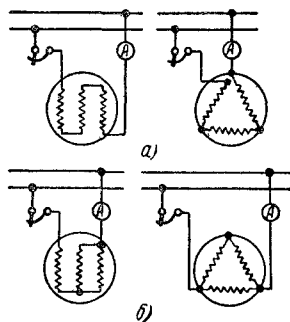
чае нагревания бандажей выше 100°C нужно производить включение и выключение тока, как указано выше.

В зависимости от величины напряжения ток может быть подведен к ротору, а статор замкнут накоротко. Амперметр в этом случае должен быть включен в цепь статора. Напряжение ротора обычно указано на щитке машины. Можно также вынуть ротор из статора и сушить отдельно, например после ремонта или перемотки статора или ротора.

Сушка постоянным током. Сушка методом потерь в меди обмоток при питании постоянным током может осуществляться как на разобранной машине отдельно для статора и для ротора, так и на полностью собранной машине.

При сушке собранной машины ротор вращать нельзя.

Нулевая точка или общие точки соединений многофазной системы вскрываются, обмотки всех фаз включают последовательно, и через них пропускается постоянный ток (фиг. 73). Если концы обмоток всех трех фаз выведены, то последовательное соединение их производится на доске зажимов. Когда не представляется возможным вскрыть фазные соединения и включить фазы последовательно, то сушка производится по одной из схем (фиг. 73, б)



Фиг. 73. Схема сушки асинхронных машин постоянным или однофазным током со включением: а — последовательно; б — с переключением.

с переключением фаз приблизительно каждый час, чтобы обмотка нагревалась равномерно во всех частях.

Измерение температуры при таком способе сушки (с переключением фаз) должно производиться во всех трех фазах.

Включение и выключение необходимо производить через реостат при небольшой силе тока во избежание возможности пробоя изоляции обмоток от экстратоков.

Обмотка ротора при таком способе сушки обычно высыхает одновременно с обмоткой статора, так что отдельная сушка ротора не требуется.

Величина тока определяется условиями достижения температур, необходимых для сушки, при непрерывном протекании тока. Как правило, он не превышает значения $(0,5 \div 0,7)I_{ном}$.

Напряжение и мощность, потребляемые на сушку, подсчитываются по формулам

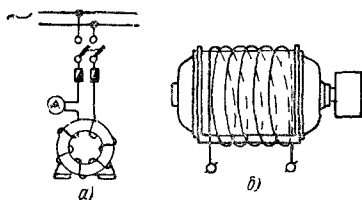
$$U = IR; P = I^2 R,$$

где R — сопротивление обмотки постоянному току.

Комбинированный способ сушки. При невозможности получить необходимую для сушки величину тока, а также при отсутствии средств для достижения необходимой температуры при внешнем нагревании во многих случаях получают хорошие результаты при одновременной сушке током и внешним нагреванием. Так как при таком способе сушки трудно с достаточной точностью измерить фактическую температуру обмотки, то последняя не должна превышать 80°C по термометру.

Температура входящего воздуха при применении воздухоудки должна быть не выше 90°C .

Сушка индукционным нагревом. В последнее время внедрены новые простые и экономичные способы сушки машин потерями в стали, происходя-



Фиг. 74. Сушка методом индукционных потерь в стали статора: а — сушка обмотки при помощи витков, наложенных на статор; б — сушка собранного электродвигателя при помощи витков, наложенных на корпус.

щие при невращающихся машинах и не связанные с прохождением тока непосредственно в обмотках машин.

Нагрев машины осуществляется при этом потерями на перемagnetивание и вихревые токи в активной стали статора машины переменного тока или индуктора машины постоянного тока от создаваемого в ней переменного магнитного потока.

Переменный магнитный поток создается специальной намагничивающей обмоткой,

наматываемой на статор машины (фиг. 74 и 75).

Намагничивающая обмотка выполняется изолированным проводом (применение оцинкованного или бронированного провода запрещается); располагать обмотку по всей окружности статора нет необходимости, она может быть расположена в одном месте.

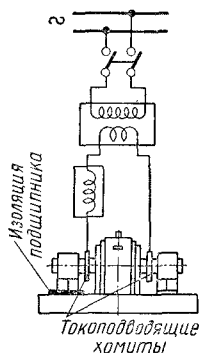
При отсутствии провода необходимого сечения намагничивающая обмотка может быть выполнена в несколько параллельных ветвей. От витков намагничивающей обмотки делаются отпайки, соответствующие различным величинам индукции. Это позволяет производить регулировку теплового режима во время сушки, не изменяя величины напряжения, подводимого к намагничивающей обмотке.

На углах, а также внутри статора провода намагничивающей обмотки должны дополнительно изолироваться от стали статора и ротора прокладками из изолирующего материала (электронизоляционный картон и т. п.). Во время сушки по методу потерь в стали должно быть тщательно проверено, нет ли каких-либо металлических предметов в расточке статора или индуктора. Наличие последних вызывает замыкание стали статора и ее повреждение.

Эти способы сушки потерями в стали статора машины переменного тока или в стали индуктора машины постоянного тока должны применяться в первую очередь и лишь в случае невозможности их применения можно производить сушку машин другими указанными выше способами.

Температура при сушке машин индукционным способом не должна превышать: статора машины переменного тока и индуктора машины постоянного тока $85\text{—}90^\circ \text{C}$, ротора и якоря на $20\text{—}30^\circ \text{C}$ ниже, бандажей не выше 100°C .

Способом индукционного нагрева сушат машины, у которых можно изолировать вал.



Фиг. 75. Сушка методом индукционных потерь в стали статора с использованием вала в качестве намагничивающего витка.

Пропитка и покрытие обмоток. Первая пропитка новых всынных обмоток и предварительная двукратная пропитка секций и катушек вкладных обмоток, а также пропитка обмоток при среднем ремонте производится лаком вязкостью 4,5–6° при 20° С. Вторая и третья пропитки новых обмоток производятся лаком вязкостью 5–7° при 20° С.

Пропитка и покрытие обмоток производятся лаками (табл. 55, 56 и 58).

Пропитка обмоток и секций производится после их сушки и последующего охлаждения при комнатной температуре до 70–80° С путем полного погружения в бак с лаком или, если это невозможно вследствие больших размеров обмоток и секций, путем многократного обливания лаком.

Обмотки и секции должны находиться в баке с лаком до полного прекращения выделения пузырьков и еще в течение 5 мин., но всего не менее чем в течение 20 мин. Время пребывания в лаке при второй и третьей пропитках сокращается соответственно до 10 и 5 мин.

После выемки из лака обмотки и секции оставляются на противне с решеткой для стекания излишков лака.

После каждой пропитки, а также каждого покрытия поверхности активной стали бандажи на лобовых частях, рабочие поверхности коллектора, колец и валов тщательно протираются тряпкой, слегка смоченной в растворителе, до полного удаления лака. Растворитель не должен при этом попадать на обмотку.

Покрытие пропитанных и просушенных обмоток лаками и эмалями производится при температуре 70–80° С методом пульверизации. Кистью допустимо производить покрытие обмоток только при отсутствии оборудования.

Пропитку обмоток и секций из эмалированных проводов марок ПЭЛ, ПЭТ, ПЭЛШО, ПЭЛБО и др. производят только лаками, слабо действующими на эмалевую пленку (например, лаком Л1100 на бензоле, толуоле и ксилоле или лаком № 460 на скипидаре, толуоле и бензоле). При этом нельзя допускать перемещения проводов относительно друг друга до полного удаления растворителя.

Лаки нужно хранить при температуре не ниже 8–10° С и не выше 25° С. Лак, находящийся в эксплуатации, необходимо периодически фильтровать через редкую ткань или проволочную сетку или наиболее простым и надежным способом очистки — отстаиванием в банках-отстойниках.

Лаки холодной (воздушной) сушки нельзя сушить в сушильных шкафах. Для лаков горячей сушки не рекомендуется длительная воздушная сушка.

Обмазка обмоток. У электрических машин открытого и защищенного исполнения, работающих в тяжелых условиях окружающей среды, при отсутствии возможности их замены электрическими машинами закрытого исполнения статорные обмотки необходимо обмазывать пастами. При этом нужно учитывать, что обмазка обмоток пастами снижает мощность машин на 5–30% (чаще всего на 10–20%) в зависимости от состава пасты, качества обмазки, толщины слоя пасты, размеров и конструкции машин. Поэтому машины после покрытия их обмоток пастами должны проходить тепловые испытания с целью установления новой номинальной мощности. Новая номинальная мощность и номинальный ток должны указываться на паспорте машины. Технические данные паст и технология обмазок приведены в табл. 42.

Определение неисправностей в обмотках.

Определение одноименных выводов статорных обмоток. Для определения одноименных выводов статорных обмоток к последовательно соединенным двум каким-либо фазам обмотки собранной машины подводится пониженное напряжение, а к третьей фазе присоединяется вольтметр или лампа. При соединении одноименных выводов (правильное соединение) показания вольтметра равны нулю, в противном случае (неправильное соединение) вольтметр покажет напряжение, почти равное напряжению сети. После определения одноименных выводов двух фаз таким же методом определяют выводы третьей фазы. По другому методу двигатель с соединенной в звезду обмоткой запускают холостую на пониженном напряжении. Если двигатель гудит, но не вращается, ток во всех фазах различен и велик, то поочередным переключением выводов отдельных фаз устраняются указанные неисправности.

Определение наличия витковых замыканий. Витковое замыкание в обмотках машин переменного тока и в обмотках якорей машин постоянного тока обнаруживается по наличию местного чрезмерного перегрева обмотки. При витковом замыкании в обмотках индукторов неисправные катушки нагреваются слабее исправных.

Признаками виткового замыкания могут также служить у обмоток статоров дви-

42. Пасты для обмазки обмоток статоров электрических машин

Состав паст	Способ изготовления	Технология обмазки
Жидкого фенольного бакелита 50 вес. ч., талька 50 вес. ч.	В разогретый до 70—75° С бакелит порциями высыпается тальк и состав размешивается до получения однородной массы	Нагретый до 70—75° С статор ставится на один из торцов. На обмотку со стороны другого торца (верхнего) наносится рукой горячая паста. После сушки при 100—110° С в течение 4—5 час. покрывается пастой обмотка со стороны второго торца и снова сушится при 100—110° С в течение 8—10 час. Затем удаляются излишки пасты, обмотка покрывается лаком № 317 и сушится при 18—20° С в течение 3—4 час.
Бакелитового лака 30 вес. ч., денатурата 15 вес. ч., талька 70 вес. ч.	В бакелитовый лак, разведенный денатуратом, выпается тальк. Состав тщательно перемешивается и подогревается до 70—80° С, после чего снова перемешивается	Горячая паста наносится рукой на нагретую до 70—80° С обмотку. После сушки при 70—80° С в течение 8—10 час. скребком удаляются все излишки пасты и наносится второй (отделочный) слой горячей пасты. Поверхность второго слоя для придания гладкости выравнивается рукой, смоченной денатуратом. Затем обмотка сушится при 100—110° С в течение 8—10 час., покрывается лаком № 460 и снова сушится при 100—110° С в течение 4—6 час.
Лака № 447 вязкостью по вискозиметру ВЗ-4 не менее 30 сек. 40 вес. ч., талька 60 вес. ч.	Тальк тщательно смешивается с лаком до получения однородной массы	Паста наносится рукой на обмотку. После сушки при 18—20° С в течение 1—2 час., а затем при 80—90° С в течение 8—10 час. (или при 18—20° С в течение 20—24 час.) скребком удаляются все излишки пасты и наносится второй (отделочный) слой пасты. Поверхность второго слоя для придания гладкости выравнивается рукой, смоченной скин-лолом. После сушки при указанном выше режиме обмотка при 18—20° С покрывается лаком № 447 и сушится при 18—20° С в течение 15—20 мин.
Лака № 462-п 34,5, вес. ч.; талька 65,5 вес. ч.	Тальк при 100° С смешивается с лаком до получения однородной массы	Паста наносится шпателем на нагретую до 100—110° С обмотку. Затем обмотка покрывается лаком № 462-п и сушится 5—10 час. в автоклаве

Примечания: 1. Новые обмотки покрываются пастами лишь после дву-трехкратной проточки. Обмотки, находящиеся в эксплуатации, перед обмазкой тщательно очищаются от загрязнений, сушатся и пропитываются 1 раз. При нанесении паста должна с усилием втираться в обмотку, заполняя все неплотности, особенно в местах выхода обмотки из пазов и поверх клиньев. Толщина слоя пасты должна быть от 3 до 5 мм.

2. Тальк берется 1-го сорта помола 70 или тоньше и просеивается через сито 150. Перед употреблением тальк сушится на железных противнях тонким слоем при 100—120° С в течение 18 час.

гателей переменного тока неравномерность показаний амперметров отдельных фаз при равномерном зоре между железного пространства; у обмоток роторов — вращение двигателя вхолостую при разомкнутой цепи ротора и неравномерность напряжения между кольцами; у обмоток якостей двигателей постоянного тока — вращение с ненормальным числом оборотов, сильное искрение щеток и почернение коллекторных пластин, находящихся на одинаковом расстоянии друг от друга; у обмоток индукторов — меньшее падение напряжения или сопротивление на неисправных катушках, чем на исправных, усиленное искрение щеток под исправным полюсом, повышенный ток и нагрев якоря.

Определение целостности обмоток роторов короткозамкнутых двигателей. При подведенном к статору пониженном на-

пряжении заторможенный ротор медленно поворачивается на один оборот. При наличии разрывов стержней или плохом их соединении с замыкающими кольцами стрелки амперметров в цепи статора будут колебаться. В настоящее время для нахождения витковых замыканий, правильности соединения по схеме обмоток, маркировки выводов фаз и обнаружения обрывов в фазах или катушках обмоток электромашин применяют аппарат СМ-1А.

Проверка правильности чередования полюсов в машинах постоянного тока. Чередование главных С и Ю и дополнительных с и ю полюсов должно быть следующим: в двигателях С — с — Ю — ю; в генераторах С — ю — Ю — с.

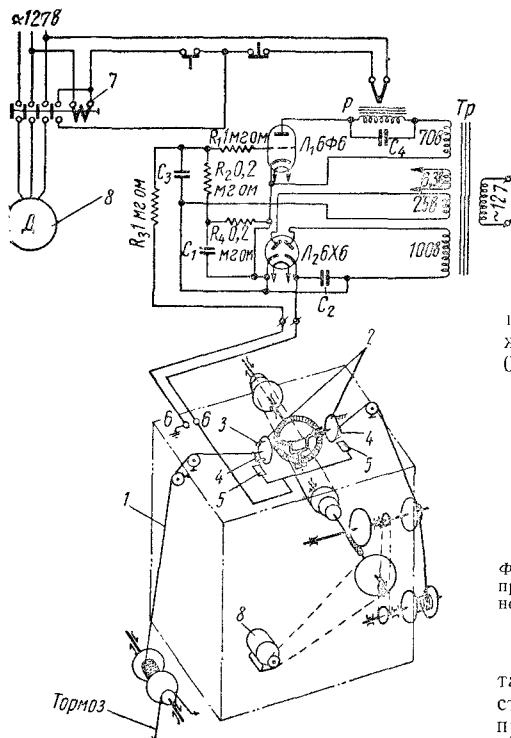
Определение полярности полюсов производится посредством легкоподвижной

магнитной стрелки (например, намагниченного пера, подвешенного на тонкой нитке), подносимой к полюсам с боковой или внешней стороны машины. По отталиванию или притягиванию того или иного конца стрелки судят о полярности полюса.

Перемотка электродвигателей. Для перемотки электродвигателей, как правило, используется восстановленный старый обмоточный провод, и лишь когда его оказывается недостаточно, применяют новые обмоточные материалы (см. табл. 49).

Для удаления изоляции старые обмоточные провода сматываются в бухты. Бухта стягивается проволоочными бангажками в шести местах по окружности и прогревается на медленном огне до полного сгорания изоляции.

После замочки и охлаждения отдельные куски освобожденного от изоляции провода сплавляются латунным припоем. С бухты



Фиг. 76. Схема оплеточной машины с автоматическим остановом при обрыве ленты: 1 — путь провода в оплеточной машине; 2 — диск; 3 — шпуля с оплеточной лентой; 4 — направляющий крючок; 5 — контакты; 6 — зажимы для присоединения; 7 — магнитный пускатель; 8 — электродвигатель.

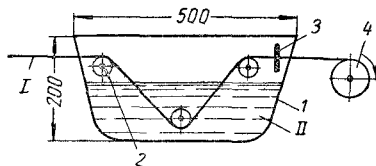
провод перематывается на катушку и поступает на оплеточную машину.

Основное требование, предъявляемое к оплеточной машине, — это укладывать нить в строго последовательном порядке с углом наклона в зависимости от диаметра провода.

На фиг. 76 приведены кинематическая и электрическая схемы одношпальной оплеточной машины. Эта машина снабжена автоматическим остановом при обрыве оплеточной ленты, состоящей из 16 ниток № 140, действующим при помощи электронного реле следующим образом.

На диске 2 укреплен шпуля 3 с оплеточной лентой. При обрыве ленты направляющий крючок 4 замыкает контакты 5. В результате этого подается напряжение положительного смещения на сетку усиленной лампы, увеличивается анодный ток и срабатывает электромагнитное телефонное реле P , блокконтакты которого размыкают цепь магнитного пускателя, вызывая останов электродвигателя 8 машины.

После оплетки обмоточный провод подвергается предварительной пропитке в пропиточных ваннах перед укладкой его в пазы электродвигателя. Пропиточная ванна, приведенная на фиг. 77, имеет емкость 2 л; она изготовлена из кровельной стали. Обмоточный провод по металлическим направляющим роликам 2 проходит через ванну, затем через протирочную резину 3 и наматывается на катушку 4, приводимую в движение электродвигателем мощностью 0,3 кВт.

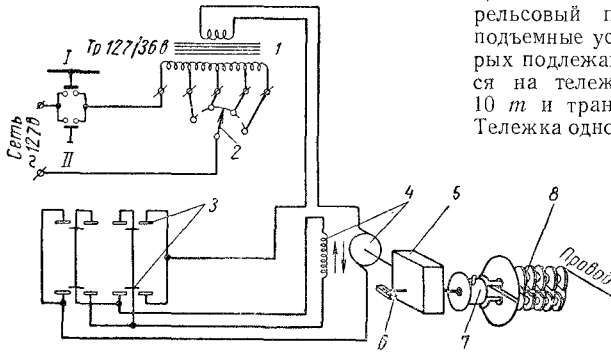


Фиг. 77. Пропиточная ванна для предварительной пропитки обмоточного провода: I — путь обмоточного провода после оплеточного станка; II — пропиточный лак.

Средний расход пропиточного лака при такой механизированной пропитке составляет 15—20 г на 1 кг обмоточного провода.

На фиг. 78 приведена схема универсального станка для намотки секции обмотки электродвигателя. Раздвижной токарный двуххулачковый патрон 7, на который надеваются формы 8 для намотки секций, приводится в движение коллек-

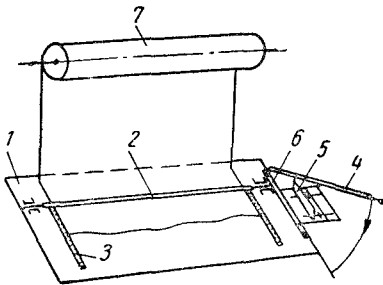
горным однофазным электродвигателем 4 мощностью 0,3 кВт, 5000 об/мин с червячным редуктором 5 1 : 50. Для изменения скорости вращения электродвигателя питание его осуществлено через понижительный трансформатор 1 со ступенчатой регулировкой напряжения 2. Реверсирование



Фиг. 78. Универсальный станок для намотки секции обмотки электродвигателя: 1 — понижающий трансформатор 127/36 в; 2 — переключатель; 3 — переключатель хода; 4 — электродвигатель; 5 — червячный редуктор; 6 — счетчик оборотов; 7 — двухкулачковый патрон; 8 — формы для намотки секций; / — пуск ручной; // — пуск ножной.

вращения электродвигателя достигается переключателем 3 хода. Станок снабжен счетчиком оборотов 6.

Для заготовок прессшпана для пазовой изоляции служат специальные станки (фиг. 79).



Фиг. 79. Станок для заготовки пазовой изоляции.

Отрезанная полоса прессшпана передвигается через направляющую щель 6 к передвижному угольнику 5, посредством которого устанавливается необходимый размер гильз пазовой изоляции, и отрезается ножницами 4. Рулон 7 прессшпана надет на вал, закрепленный на стене обмоточной мастерской. На столе 1 при помощи

направляющей 2 и метрической линейки 3 отмеряется потребная ширина.

На фиг. 80 показано размещение оборудования обмоточной мастерской электроремонтного цеха. Из грузоподъемных устройств в мастерской имеются так же грузоподъемностью 5—10 т и тельфер на 0,5 т. По середине мастерской проложен рельсовый путь с выходом под грузоподъемные устройства, посредством которых подлежащие ремонту машины ставятся на тележку грузоподъемностью 5—10 т и транспортируются в мастерскую. Тележка одновременно служит и монтажным столом для разборки и сборки электродвигателей. Эти операции для крупных электродвигателей выполняются при помощи тали.

Оборудование мастерской расположено в последовательном порядке по технологическому процессу обмоточных работ.

Применение при ремонте электрооборудования изоляции из стекланого волокна.

В соответствии с Постановлением Совета Министров СССР «О расширении применения материалов из стекланного волокна» ВЭИ бывш. Министерства электротехнической промышленности разработаны рекомендации по замене хлопчатобумажной изоляции стекланной изоляцией при производстве и ремонте низковольтных электродвигателей и аппаратуры.

Ниже приводятся выдержки из указанных рекомендаций ВЭИ.

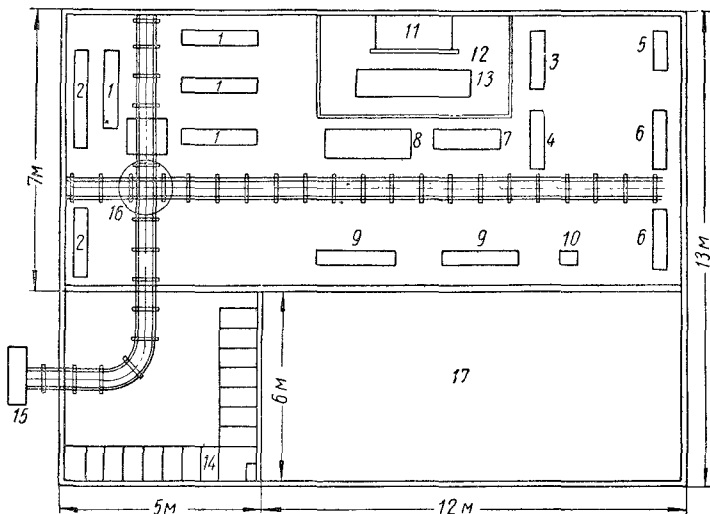
Для замены хлопчатобумажной ленты следует применять ленту стекланную электроизоляционную бесщелочную (ГОСТ 5937-51), пропитанную изоляционным лаком.

Пропитку стекланной ленты, как правило, необходимо производить тем же изоляционным лаком, который применяется для пропитки обмоток электродвигателей данного типа. Для пропитки стекланной ленты могут быть применены, в частности, битумно-масляные лаки № 447 и 458, глифталевый лак № 1154, масляный лак № 321 и др. Пропитку стекланной ленты производят в рулонах путем погружения последних в пропиточный лак при концентрации 20—25% до прекращения выделения пузырьков воздуха, но не менее чем на 10 мин. После извлечения рулонов из лака и стекания избытка последнего рулоны выдерживают на воздухе не менее 1 часа, после чего сушат в печи в течение 1—1,5 часа при температуре $105 \pm 5^\circ \text{C}$.

После пропитки стекланная лента лучше прилегает к изолируемому объекту; от нее зна-

Фиг. 80. Размещение оборудования центральной электромастерской:

1 — обмоточные столы; 2 — слесарные верстаки; 3 — токарный станок по дереву; 4 — циркулярная пила; 5 — сверлильный станок; 6 — токарный станок; 7 — столлярный верстак; 8 — машина для перемотки пряжи с бобины на шпули; 9 — оплеточные станки; 10 — наждачный станок; 11 — щит; 12 — испытательный стенд; 13 — нагрузочный агрегат; 14 — стеллажи для обмоточного провода разных сечений; 15 — балка для установки блока 10 т; 16 — мопорельс для блока 10 т; 17 — цех стеклоизоляции с установкой пропиточных и сушильных агрегатов.



чительно меньше отделяется кусочков стекловолокна.

Для замены хлопчатобумажной и шелковой толщиной 0,12 и 0,15 мм лакотканей типа ЛХ, ЛШ, ЛХ4 применяется светлая стеклолакоткань типа СЛТ-3.

Стеклолакоткань типа СЛТ-3 соответствующей толщины и марки может быть применена практически во всех узлах электрических машин переменного и постоянного тока с изоляцией класса А на напряжение до 500 в, где применяются хлопчатобумажные и шелковые лакоткани типов ЛХ, ЛШ и ЛШС с сохранением существующей конструкции изоляции и технологии изолирования и пропитки.

В качестве заменителя наиболее широко используемой в изоляции электрических машин хлопчатобумажной лакоткани марки ЛХ-2 толщиной 0,15—0,24 мм следует применять стеклолакоткани марок СЛТ-3, а также лакоткани ЛСТ4 и ЛСЭ-1 (последняя на базе эскановых лаков теплоустойчивостью до 125° С) соответствующих толщин.

Изоляция на основе стекловолокна наряду с высокой прочностью на разрыв обладает большей по сравнению с изоляцией на хлопчатобумажной основе хрупкостью и пониженной стойкостью к истирающим усилиям. Поэтому при работе со стеклянными лентами и стеклолакотканью следует избегать резких перегибов, ударов и истирающих усилий в процессе изготовления заготовок, операций изолировки и укладки обмоток. При неосторожном обращении со стеклолакотканью в результате резких перегибов и изломов на ее поверхности появляются бесцветные полосы, свидетельствующие о нарушении целостности лакового слоя, сопряженном с некоторым понижением пробивного напряжения стеклолакоткани.

В случае применения стеклолакоткани в качестве пазовой изоляции рекомендуется применение временных «воротничков» из прессишпана при укладке выпящих обмоток в пазы.

При применении для изоляции диагональной ленты из стеклолакоткани в силу сравнительно высокого относительного удлинения стеклолакоткани при растяжении по диагонали может иметь место нарушение лакового слоя при наложении ленты с натягом, что ведет к уменьшению пробивного напряжения стеклотканевой изоляции. Поэтому во всех случаях, когда возможно по технологическим соображениям, необходимо применять для изоляции ленту из стеклолакоткани, нарезанной по основе.

При работе со стеклоизоляцией следует иметь в виду, что мелкие кусочки стекловолокна, попадая на кожу работающих, оказывают на нее раздражающее действие и, находясь во взвешенном состоянии, попадают вместе с воздухом в дыхательные пути работающих. Поэтому при переходе на работу со стеклоизоляцией необходимо предпринять специальные меры по охране труда (обеспечение работающих халатами с закрытыми рукавами и воротом, тщательное мытье рук и лица, в отдельных случаях применение медицинских перчаток, частая влажная уборка помещений, устройство местной вытяжной вентиляции на операциях резки и зачистки, усиление общей вентиляции цеха и т. п.), а также применение стеклянной ленты обязательно в пропитанном виде.

Обмоточные провода и изоляционные материалы на хлопчатобумажной основе и заменяющие их материалы, изготовленные с применением стекловолокна, приведены в табл. 57 (стр. 1003).

Основные технические требования к механической части электрических машин.
Воздушные зазоры между железного пространства.
Отклонение среднего фактического зазора от номинального для асинхронных машин

допускается до $\pm 10\%$, для синхронных машин и машин постоянного тока до $\pm 5\%$, для синхронных машин тихоходных и машин постоянного тока с петлевой обмоткой при зазорах до 3 мм включительно $\pm 10\%$.

Неравномерность зазора допускается для машин всех типов до 10%.

Зазоры замеряются в четырех точках, расположенных под углом 90° у асинхронных машин и под каждым полюсом у машин постоянного тока и синхронных. Измерение зазоров производится с обеих сторон ротора при четырех сдвинутых на 90° его положениях. Таким образом, для одной асинхронной машины необходимо произвести 32 замера.

Измерение зазоров производится щупами длиной 250 мм и шириной до 6 мм с набором пластин от 0,05 до 1,0 мм через каждые 0,01 мм и от 1,0 до 2,0 мм через каждые 0,2 мм. Для измерения зазоров больше 2,0 мм применяются калиброванные подкладки под щуп.

Отклонение зазора подсчитывается по формуле

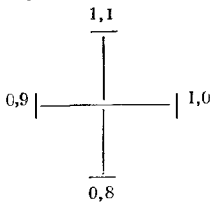
$$\frac{\Delta_n - \Delta_{cp}}{\Delta_n} 100\%,$$

а неравномерность по формуле

$$\frac{\Delta_1 - \Delta_2}{2\Delta_n} 100\%.$$

где Δ_n — номинальный зазор; Δ_{cp} — средний зазор; Δ_1 — наибольший зазор; Δ_2 — наименьший зазор.

Пример. Зазоры



$$\Delta_n = 0,95 \text{ мм}; \Delta_{cp} = \frac{1,1 + 1,0 + 0,8 + 0,9}{4} = 0,95 \text{ мм}.$$

Отклонение

$$\frac{0,95 - 0,95}{0,95} 100 = 0\% \text{ (допускается)}.$$

Неравномерность

$$\frac{1,1 - 0,8}{2 \cdot 0,95} 100 = 15,8\% \text{ (не допускается)}.$$

Поправка на щуп принимается равной 0,05 мм и прибавляется к показанию щупа, так как вследствие кривизны и неровности поверхности щуп всегда показывает зазор меньше действительного.

При измерениях щуп направляется параллельно оси вала, по зубу (а не по клину), причем зазор должен быть свободным от грязи и лака; сложенные пластины щупа не должны расходиться.

Допускаемые величины биения и осевого смещения вращающихся частей. *Радиальное биение* (эксцентricность обточки) вращающихся частей, измеренное индикатором, не должно быть больше величин, указанных в табл. 43.

43. Наибольшие допускаемые величины радиального биения роторов у электрических машин

Наименование частей	Размер частей в мм	Наибольший бой в мм
Коллектор	100—250	0,03
	250—500	0,04
Контактные кольца, муфты и фланцы	100—250	0,04
	250—500	0,06
Шейка вала	50—200	0,02
	200 и более	0,03
Шкивы	100—250	0,2
	250—500	0,3
Вентиляторы	100—250	0,4
	250—500	0,6

Примечание. Осевой бой допускается вдвое больше радиального.

Осевое смещение, измеренное при нажиме на торцы вала попеременно в обе стороны, для машин с подшипниками скольжения трения должно колебаться в пределах от 1 до 4 мм в зависимости от мощности машины (до 10 квт 0,5—1,0 мм; 20 квт 0,75—1,5 мм; 30—70 квт 1,0—2 мм; 70—125 квт 1,5—3 мм и свыше 125 квт 2—4 мм; машины с диаметром шеек вала 200 мм 2% диаметра шейки). Для роликоподшипников осевое смещение допускается до 0,5 мм, а при шарикоподшипниках в пределах, указанных в табл. 44.

44. Наибольшее допускаемое осевое смещение вала у электрических машин на шарикоподшипниках

Диаметр вала в мм	Осевое смещение в мм
30—50	0,12—0,22
50—65	0,15—0,28
65—80	0,20—0,35
80—100	0,25—0,50
100—120	0,30—0,55

Вибрация электрических машин. Вибрация (удвоенная амплитуда колебаний), замеренная вибрографом, у машин мощностью до 100 *квт* и с числом оборотов до 1500 в минуту и у всех машин с числом оборотов 3000 в минуту не должна быть более 0,05 мм; машины мощностью свыше 100 *квт* со скоростью вращения 1500 об/мин могут иметь вибрацию 0,09 мм; то же, но 1000 об/мин — 0,10 мм; то же, но 750 об/мин. — 0,12; то же, но 600 об/мин — 0,16 мм и то же, но 500 об/мин — 0,20 мм.

Ремонт электрической аппаратуры

Основные технические требования к установке и состоянию механической части аппаратуры. Магнитные пускатели, контакторы, автоматы, предохранители, рубильники, контроллеры, масляные реостаты и электромагнитные тормозы должны работать в вертикальном положении. Установка аппаратов проверяется по отвесу и уровню. Отклонение осей аппарата от вертикали и горизонтали допускается не более 4°.

Аппараты укрепляются на жестких основаниях, по возможности не подверженных сотрясениям и вибрациям. При наличии последних устанавливаются резиновые или какие-либо другие амортизаторы. Присоединяемые к аппарату кабели, шины и провода укрепляются у ввода в аппарат во избежание передачи ему их механических и электродинамических усилий.

Аппараты не должны подвергаться воздействию посторонних источников тепла (отопительных агрегатов, термических печей, трубопроводов и пр.), а магнитные пускатели с тепловой защитой, кроме того, воздействию потоков холодного воздуха.

Все аппараты во избежание загрязнения герметизируются, особенно в крышках и местах ввода проводов, а магнитные пускатели герметизируются еще и для правильной работы тепловой защиты.

Отверстия в кожухах аппаратов для ввода проводов не должны иметь острых кромок, развальцовываются или снабжаются втулками (при необходимости из изолирующего материала).

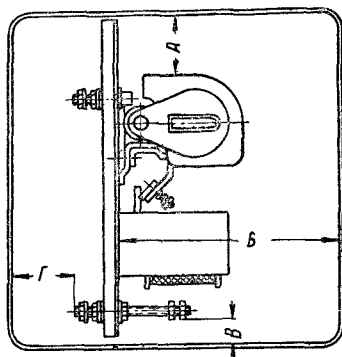
Движение подвижных частей аппаратов должно происходить плавно, без заеданий. Валы должны свободно вращаться; при наличии заеданий цапфы валов промываются бензином и смазываются техни-

ческим вазелином. Смазываются также все трущиеся части механических деталей.

При наличии гибких электрических соединений они не должны противодействовать или помогать аппарату включаться.

Механическая блокировка между аппаратами не должна мешать свободному и полному включению каждого из блокированных аппаратов.

Контактные стойки каждой фазы рубильников и предохранителей устанавливаются строго по одной вертикальной оси, при этом контактные поверхности ножей, колпачков и губок должны быть параллельны этой оси. Вертикальные оси отдельных фаз должны быть также параллельны. Запрещается установка рубильников губками вниз и присоединение подходящих со стороны питания проводов снизу. Защитные кожухи рубильников выполняются полностью закрытыми, без щелей для прохода рукояток. Не допускается применение рубильников с рукоятками, прикрепленными непосредственно к ножу, а не к траверсе.



Фиг. 81. Наименьшие допускаемые расстояния при установке контакторов и автоматов в кожухах.

У контакторов и автоматов при закрытии кожухами, а также при установке вблизи заземленных и токоведущих частей необходимо выдерживать расстояния, указанные в табл. 45 (фиг. 81).

Ящики крановых сопротивлений для лучшего охлаждения устанавливаются горизонтально, чтобы элементы сопротивления находились в вертикальной плоскости. По условиям нагрева установка друг над другом более трех ящиков не допускается.

Все соединения отдельных ящиков и внутренние соединения выполняются

45. Наименьшие допускаемые расстояния до ближайших заземленных и токоведущих частей при установке контакторов и автоматов

Тип	Размеры в мм при напряжении							
	до 220 в				до 500 в			
	А	Б	В	Г	А	Б	В	Г
КТЭ-22	70	150	20	20	100	175	20	20
КТЭ-32	75	200	20	25	125	225	20	25
КТЭ-14	125	250	20	25	150	275	20	25
КП-502	75	125	20	25	—	—	—	—
КП-503	125	150	20	25	250	150	20	25
КП-504	200	225	20	25	350	350	20	25
А-2010	—	—	—	—	50	75	15	—
А-2020	—	—	—	—	50	75	15	—
А-2030	—	—	—	—	50	106	15	—

голым проводом, а подвод к ящикам — проводами с огнестойкой изоляцией. Элементы должны быть прочно затянуты на шпильках, без перекосов и замыканий друг с другом.

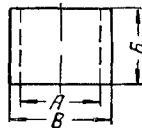
Соединение тормозных магнитов с тормозной системой должно производиться так, чтобы движение якоря происходило без перекосов и заеданий. Якорь в верхнем положении должен вплотную доходить до сердечника (магниты переменного тока) или диамагнитной прокладки (магниты постоянного тока). В нижнем положении он не должен доходить до упора на расстояние менее 10% максимального хода, чтобы имелась возможность опускания якоря (по мере срабатывания тормозных колодок) или ленты и во избежание ударов якоря о корпус.

Длина хода, проверенная после соединения с тормозной системой, не должна превышать указанной на паспорте магнита. У магнитов переменного тока при числе включений более 150 в час длина хода уменьшается путем подкладывания колец, размеры которых даны в табл. 46. При неукороченном ходе катушки могут сгореть.

Поверхности якоря и направляющих у магнитов постоянного тока должны быть тщательно проточены, так как якорь используется одновременно в качестве воздушного поршня для смягчения ударов. У магнитов переменного тока имеется специальный демпферный поршень, поверхность которого должна быть тщательно проточена с поверхностью воздушного цилиндра.

Контакты. Чистка контактов производится в случае потемнения от перегрева или образования капель меди и напылов. Поверхности контактов слегка защищают мелкой стеклянной, но не наждачной бумагой или зашлифовывают бархатным

46. Размеры колец для уменьшения длины хода магнитов



Тип магнита	Величина укороченного хода в мм	Размеры кольца в мм		
		Наружный диаметр А	Внутренний диаметр Б	Длина В
КМТ-1	30	19	10	25
	25	19	15	25
	20	19	20	25
КМТ-2	35	21	15	30
	25	21	25	30
КМТ-3	35	26	15	35
	25	26	25	35
КМТ-4	35	26	15	45
	25	36	25	45

напильником. При этом необходимо строго сохранять первоначальную форму контактов, беречь их и не злоупотреблять зачисткой, удаляя только капли и напылы до выравнивания поверхности, а не до выведения раковин. Полирование контактных поверхностей не требуется; оно дает более высокое контактное сопротивление, чем обработка напильником.

Серебряные контакты не зашлифовываются, а при наличии обгорания протираются замшей.

Поверхности зажимных железных и никромовых контактов кадмируются или лудятся, а алюминиевых контактов обрабатываются напильником под слоем вазелина.

Присоединение проводов и кабелей наружной сети, а также всех внутренних соединений к зажимным контактам выполняется в аппаратах следующим образом. Однопроволочные провода сечением до 10 мм² и многопроволочные до 2,5 мм² присоединяются без наконечников, но многопроволочные провода скручиваются и пропаиваются. Провода больших сечений оконцовываются припаянными наконечниками. Провода, присоединенные без наконечников, заворачиваются под шайбами по направлению вращения гаек полным кольцом, но без нахлеста.

Установка контактов. Сухари, нож или колпачок с губкой, сухарь с сегментом должны создавать линейный контакт по всей длине и без просвета от момента соприкосновения до конечного положения.

48. Величины зазоров и нажатия контактов контроллеров, реостатов, неавтоматических пускателей и конечных выключателей

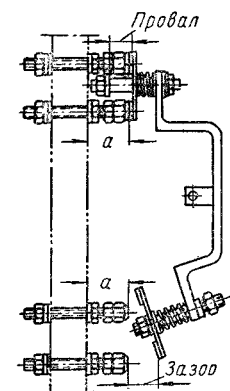
Наименование аппарата	Ширина сухая в мм	Нажатие (конечное) в кг	Провал в мм	Максимальный износ в мм	
				сухостей	сегментов
Барабанные контроллеры и реостаты	12 15 20 25 33	0,7—1,3 1,0—1,6 1,4—2,2 1,6—2,7 2,0—3,3	1,3—2,5	5	1,5
Кулачковые контроллеры КА-5000, КН-2100, КН-2200 и КА-6112	—	2,0—3,0	2—3	—	—
Конечные выключатели ВК-100	—	0,6—0,8	1—4	1,5	—
Пускатели ККС-25 и КЮС-25	—	0,8—1,0	—	—	—

Если нажатие меньше указанных в табл. 47 и 48 величин и не достигается регулировкой, то заменяется пружина или контакты. При этом нажатие регулируется по наибольшим значениям, указанным в таблицах, с тем чтобы после износа контактов оно не снижалось ниже допускаемых значений.

Нажатие губок на ножи рубильников и предохранителей не нормировано, но должно быть такой величины, чтобы ножи вынимались из губок со значительным усилием, а не свободно, причем сами губки должны иметь хорошие упругие пружинящие свойства.

Проверка зазоров. Величины зазоров для контактов магнитных пускателей

и контакторов указаны в табл. 47, а для контроллеров, реостатов, неавтоматических пускателей и конечных выключателей в табл. 48. При наличии искрогасительных контактов, кроме указанных в таблицах зазоров, проверяется расстояние между главными контактами в момент касания искрогасительных контактов. Если это расстояние меньше 1,5 мм, то контакты заменяются.



Фиг. 84. Принципиальная схема регулировки провала (западания) контактов.

У заблокированных аппаратов при одновременном включении от руки обоих аппаратов между контактами должен быть зазор не менее 3 мм (фиг. 84).

Магнитные системы должны прочно закрепляться и не иметь переко-

сов. Включение должно происходить четко, без заметных замедлений при 85% номинального напряжения (тяговое усилие тормозных магнитов гарантируется при 90% номинального напряжения). Отключение магнитных пускателей и контакторов переменного тока должно происходить при напряжении 50—60% номинального, а контакторов постоянного тока 5—10% номинального.

Площадь прилегания якоря к сердечнику должна быть не менее 60—70% рабочей поверхности якоря. При меньшей площади прилегания поверхности шлифуются (вдоль слоев стали во избежание замыкания листов); при этом у пускателей и контакторов переменного тока (с шарообразной системой) между средними выступами якоря и сердечника оставляется зазор порядка 0,2—0,4 мм во избежание прилипания. Площадь прилегания якоря к сердечнику определяется после тщательной чистки их рабочих поверхностей посредством закладки тонкой (папиросной) и копировальной бумаги.

Для обеспечения самоустанавливаемости якоря у пускателей и контакторов переменного тока между якорем и его держателем должен иметься зазор, наличие которого проверяется нажатием на держатель в месте зацепки, служащей опорой якоря при включенной катушке; при этом держатель должен немного приближаться к якорю.

У аппаратов переменного тока допускается только незначительное гудение магнитной системы. Сильное гудение указывает на неисправное состояние магнитной системы и может происходить по причине плохого крепления и прилегания якоря или сердечника, а у пускателей и контакторов также по причине разрыва короткозамкнутого витка или чрезмерного нажатия контактов.

Не допускается пайка короткозамкнутого витка, он должен изготавливаться без мест соединения или свариваться.

Рабочие поверхности магнитов не должны смазываться.

Катушки. *Установка катушек* на магнитопровод должна производиться без значительных усилий, могущих вызвать повреждения. Крепление катушек на магнитопроводах должно быть жестким. Необходимо следить за наличием, исправностью и правильной установкой направляющих, если они предусмотрены конструкцией. При нескольких катушках особо тщательно надлежит проверять схему их соединения (последовательное, параллельное, многофазное соединение) и правильность направления создаваемых ими магнитных потоков. В аппаратах переменного тока при секционированных катушках или двух последовательно соединенных катушках, намотанных проводом разного сечения, катушки должны устанавливаться так, чтобы якорь втягивался со стороны секции (катушки), намотанной проводом меньшего сечения.

Контроль состояния механической части и магнитной системы катушки и ее исправности производится измерением потребляемого тока при включенном аппарате.

Катушка должна иметь правильную, симметричную (неперекошенную) форму; каркас и бандаж обмотки должны гарантировать жесткость всей конструкции и герметичность катушки и хорошо изолированные выводы, допускающие многократное изгибание без вредных последствий.

При повышении напряжения до 110% номинального и допускаемом числе включений нагрев катушек не должен превосходить максимально допускаемой величины.

Ремонт катушек заключается в очистке, сушке и пропитке лаком методом погружения. Время сушки до и после пропитки ориентировочно равно 2—4 час. при температуре $100 \times 110^\circ \text{C}$ в зависимости от размеров катушки.

Изготовление новых катушек в электроремонтном цехе должно производиться точно по данным завода-изготовителя с сохранением габаритов (допуск 0,2—0,5 мм), конструкции, обмоточных данных и по возможности технологии изготовления.

Катушки наматываются рядами (виток к витку) и пропитываются методом предварительного пропуска провода через ванну с лаком или методом нанесения лака на катушку кистью после намотки нескольких (двух-трех) рядов.

После бандажирования катушки, кроме того, пропитываются методом погружения в бак с лаком. Пропитка катушек из провода с эмалевой изоляцией производится лаками, слабо действующими на эмалевую пленку.

Пропитка катушек снижает температуру их перегрева примерно на $8—14^\circ \text{C}$ при проводе с эмалевой изоляцией и на $11—17^\circ \text{C}$ с хлопчатобумажной изоляцией.

Бандажи необходимо выполнять по возможности тоньше и плотнее, с минимальным тепловым сопротивлением (но достаточно механически прочными) с целью снижения нагрева катушки, так как, например, непропитанный бандаж из двух слоев киперной ленты увеличивает нагрев катушки примерно на 10°C .

В случае невозможности изготовления катушек указанным выше способом во избежание увеличения их перегрева заводы-изготовители, пропитывающие катушки специальным компаундом под вакуумом и давлением, рекомендуют увеличивать диаметр провода до следующего большего по стандарту, сохраняя число витков, а не омическое сопротивление. На всех катушках, имеющих отклонение от данных завода-изготовителя, обязательно должна быть надпись «Замена». Новые катушки должны подвергаться на испытательной станции электроремонтного цеха следующим испытаниям: измерению омического сопротивления обмотки и сопротивления изоляции, испытанию изоляции от корпуса повышенным напряжением и изоляции витков, проверке числа витков. Образцы катушек, имеющих отклонение от данных завода-изготовителя, кроме того, должны испытываться на нагревание и достаточность тягового усилия.

Сопротивление изоляции обмотки от корпуса в холодном состоянии должно находиться в пределах от 1000 *гом* до бесконечности по шкале мегомметра 500 *в*. Изоляция от корпуса испытывается в течение 1 мин. напряжением переменного тока 2000 *в* при номинальном напряжении до 500 *в*. Испытание изоляции витков производится двойным номинальным напряжением (индуктированным в самой обмотке или приложением повышенной частоты) в течение 5 мин. Проверка числа витков обычно производится по ваттметровой схеме путем сравнения с эталонной катушкой.

Обмоточные провода и изоляционные материалы для ремонта электрических машин и пуско-регулирующей аппаратуры. Основные технические сведения по обмо-

точным проводам для перемотки электрических машин и намотке катушек приведены ниже в табл. 49, 50 и 57. В табл. 53—57 приведены данные по электроизоляционным материалам, применяющимся при ремонте электрических машин и пуско-регулирующей аппаратуры. В табл.

51 и 52 даны сведения о проволоках для сопротивлений; в табл. 58 — характеристики основных растворителей, а в табл. 59 — перечень материалов для фланцевых уплотнений маслonaполнительных аппаратов.

49. Марки и области применения медных круглых и прямоугольных обмоточных проводов (ГОСТ 6324-52 и 7019-54)

Марка	Наименование провода	Длительность рабочей температуры в °C	Пробивное напряжение в кВ/мм	Область применения
ПБО, ПБД	Провод, изолированный одним (ПБО) или двумя слоями (ПБД) хлопчатобумажной пряжи	105	3—4	В обмотках электрических машин и трансформаторов и катушках электромагнитов
ПБОО	Провод, изолированный одним слоем хлопчатобумажной пряжи и одним слоем оплетки из хлопчатобумажной пряжи	105	3—4	В обмотках средних и крупных электродвигателей и генераторов
ПБ и ПББО	Провод, изолированный несколькими слоями кабельной бумаги (ПБ) и одним слоем хлопчатобумажной пряжи (ПББО)	105	20—40	В обмотках средних и крупных трансформаторов
ПШД и ПШКД	Провод, изолированный двумя слоями натурального шелка (ПШД) или шелка капрона (ПШКД)	105	3—4	В машинах, аппаратах и приборах по особому требованию заказчика
ЛВОО и ЛВДО	Провод гибкий вальцованный, изолированный одним слоем обмотки (ЛВОО) или двумя слоями хлопчатобумажной пряжи и одним слоем оплетки из хлопчатобумажной пряжи	105	—	Сложные обмотки средних и крупных электродвигателей и генераторов
ПДА	Провод, изолированный одним слоем дельта-асбестовой изоляции, с подклейкой и пропиткой теплостойким лаком	130	450 в на слой имеющейся на проводе изоляции	В обмотках тяговых и крановых двигателей, подъемных электромагнитов, в двигателях, работающих с периодической перегрузкой, в сухих трансформаторах, малогабаритных двигателях
ПСД (ВТУЭ-12 и ВТУЭ-291-43) и ПСДТ	Провод, изолированный двумя слоями обмотки из бесщелочного стекловолокна, с подклейкой и пропиткой теплостойким лаком	150	—	
ПСДК	Провод, изолированный двумя слоями обмотки из бесщелочного стекловолокна, с подклейкой и пропиткой лаками на кремнеорганической основе	—	—	

50. Марки и области применения эмалированных медных проводов

Марка	Стандарты	Наименование проводов	Толщина изоляции в мм	Допускаемая длительная рабочая температура в °C	Область применения
ПЭЛ	ГОСТ 2773-51	Провод эмалированный лакостойкий	От 0,012 до 0,07	105	Катушки электромагнитных приборов и аппаратов; мелкие двигатели и генераторы
ПЭЛУ	То же	То же, но с утолщенной изоляцией	До 0,1 в зависимости от диаметра проволоки	105	
ПЭТ	"	То же, что ПЭЛ, но с повышенной теплостойкостью		125±5	

Продолжение табл. 50

Марка	Стандарты	Наименование проводов	Толщина изоляции в мм	Допускаемая длительная рабочая температура в °C	Область применения
ПЭВ-1 ПЭВ-2	ВТУ МЭП и ГОСТ 7262-54	Провод изолированный высокопрочной эмалью: однослойный (ПЭВ-1) двуслойный (ПЭВ-2)	0,01—0,06	125±5	Статорные и роторные обмотки малогабаритных машин, специальные малогабаритные аппараты и приборы
ПЭЛБО	ГОСТ 6324-52	Провод, изолированный слоем эмали и слоем хлопчатобумажной пряжи	0,125—0,21	105	Электрические машины, обмотки электромагнитов аппаратуры
ПЭЛШО и ПЭЛШД		Провод, изолированный слоем эмали и слоем шелка или двумя слоями шелка (ПЭЛШД)	0,7—0,155	105	Малогабаритные и специальные машины, аппаратура и приборы

51. Проволока для среднего и высокого омического сопротивления

Диаметр проволоки в мм	Сечение проволоки в мм ²	Манганин		Никелин		Константан		Реоган		Фехраль		Нихром	
		Сопротивление при 20° C в ом/м	Вес 1 пог. м в г	Сопротивление при 20° C в ом/м	Вес 1 пог. м в г	Сопротивление при 20° C в ом/м	Вес 1 пог. м в г	Сопротивление при 20° C в ом/м	Вес 1 пог. м в г	Сопротивление при 20° C в ом/м	Вес 1 пог. м в г	Сопротивление при 20° C в ом/м	Вес 1 пог. м в г
0,1	0,00785	56,05	0,064	53,50	0,069	59,24	0,070	59,88	0,068	152,9	0,061	—	—
0,25	0,049	8,963	0,40	8,57	0,484	9,473	0,437	9,574	0,427	24,44	0,382	—	—
0,5	0,1964	2,241	1,598	2,140	1,73	2,363	1,743	2,393	1,71	6,113	1,53	5,60	1,610
0,7	0,3848	1,143	3,133	1,092	3,39	1,203	3,425	1,221	3,35	3,112	3,00	2,858	3,156
1,0	0,7854	0,560	6,393	0,5343	6,91	0,5921	6,99	0,5934	6,83	1,528	6,12	1,41	6,444
1,2	1,13	0,339	9,20	0,3714	9,95	0,411	1,1	0,4156	9,82	1,06	8,8	0,976	9,27
1,5	1,767	0,250	14,33	0,2376	15,6	0,2631	15,1	0,2659	15,4	0,679	13,77	0,622	14,5
2,0	3,14	0,14	25,6	0,1337	27,6	0,1480	27,96	0,1496	27,3	0,382	24,5	0,35	25,76
2,5	4,91	0,089	39,96	0,085	43,4	0,0947	43,7	0,0957	42,7	0,2443	33,3	0,2241	40,25
3,0	7,07	0,0523	57,53	0,0594	62,2	0,0653	62,9	0,0665	61,5	0,1698	55,1	0,155	7,96

Примечание. Максимально допускаемая рабочая температура 500° C для константана, 500° C для никелина, 200° C для реогана, 1100° C для нихрома, 800° C для фехралья.

52. Проволока для сопротивлений из жаростойких сплавов высокого омического сопротивления (ГОСТ 2238-53)

Марка сплава	Диаметр проволоки в мм	Удельное сопротивление (предельное) при 20° C в ом·мм ² /м	Относительное удлинение в % не менее	Рабочая температура нагревательного элемента предельная в °C	Марка сплава	Диаметр проволоки в мм	Удельное сопротивление (предельное) при 20° C в ом·мм ² /м	Относительное удлинение в % не менее	Рабочая температура нагревательного элемента предельная в °C
X15H 60	0,01—0,2	1,02—1,15	6—16	—	X20H80T3	0,3—10	1,18—1,36	—	1150
	0,2—0,45	1,04—1,17	16—18	1000		0,2—10	1,13—1,34	—	850
	0,45—10	1,05—1,13	18	—		6—10	1,2—1,4	—	1000
	0,01—0,2	1,02—1,12	6—16	—		0,3—10	1,2—1,4	—	1000
X20H80	0,2—0,45	1,04—1,14	16—18	—	1X25IO5	6—10	1,3—1,5	—	1150
X20H80T	0,45—3,0	1,05—1,15	—	1100	0X25IO5	0,3—10	1,3—1,5	—	1200

Примечание. Химический состав сплава проволоки (основные части) в %: никеля до 75, хрома до 23, титана до 0,4—2,9, марганца 0,5—0,7, кремния 0,8—1, углерода 0,03—0,12, железа до 2,5, меди и алюминия 0,2—1,1.

53. Изоляционные материалы

Наименование материала	Плотность в $г/см^3$	Электриче- ская проч- ность в $кв/мм$	Диэлектри- ческая прони- цаемость ϵ	Объемное электрическое сопротивление при $20^\circ C$ в $ом/см^2$	Предел прочности в $кг/см^2$				$tg \delta$ при $50 гц$ и $20^\circ C \times 10^{-2}$
					на разрыв	на изгиб	на сжатие	на удар	
Асбоцемент 300, 400 . .	2,0	1,5	7	10^{10}	—	300	—	—	20
Асбестовая бумага . .	1,0—1,4	2—5	—	$10^8—10^7$	10	—	—	—	7
Асбобакелит	1,6—1,8	6—14	20—25	10^{10}	300	700	900	9	30—60
Асфальт естественный . .	1,1—1,3	13—16	2—4	10^{14}	—	—	—	—	1—5
Базальт	2,7—3,2	3—6	9—12	—	700	—	6 000	—	1,7—2
Бакелитовые цилиндры . .	1,05—1,24	10—15	3,8—5	$10^{10}—10^{12}$	450	800	550	—	0,5—1,7
Бетон сухой	1,8—2,4	—	—	$10^{13}—10^{14}$	—	300	—	5	—
Бумага кабельная су- хая	0,8	6—9	2,3—3,5	—	—	—	—	—	—
Бумага кабельная, про- питанная маслом	—	10—25	3,4—3,7	—	—	—	—	—	—
Воздух при $20^\circ C$ и 760 мм рт. ст.	0,00121	3—4	1,0	—	—	—	—	—	0
Воск пчелиный	0,96	8—15	2,8—2,9	$10^{13}—10^{14}$	—	—	—	—	—
Гетинакс сортов А и Б . .	1,3—1,4	10—15	7—8	$10^9—10^{11}$	900	1150	—	16—20	4—10
Дельта-древесина	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ДСП-10	1,25—1,4	5—10	5—6	$10^{11}—10^{12}$	2400	—	1 600	70	3,5
Дуб парафинированный . .	0,76	4—7	4,5—5	10^{12}	1000	600	300	—	20
Бук сухой	0,73	5—6	3—3,5	10^{11}	1300	670	350	—	—
Береза сухая	0,64	3—5	2—3	10^{10}	—	—	—	—	—
Карболит	1,1—1,2	10—12	3—5	$10^{11}—10^{13}$	—	—	—	—	5
Лакоткань	1,1—1,3	30—40	3,5—5	$10^{11}—10^{14}$	200—	—	—	—	6—9
Масло трансформатор- ное	1,85—0,89	5—18	2—2,5	$10^{12}—10^{13}$	300	—	—	—	0,2—0,05
Миканит	2,2	15—30	4,6—6	10^{15}	—	—	—	—	—
Мрамор	2,7	3,5—5,5	8—10	$10^9—10^{10}$	—	200	1 400	—	0,5—10
Оргстекло (метакрил) . . .	1,18	17—18	3,2—3,6	10^{13}	650	500	1 100	17	5
Парафин	1,9—0,93	15—30	2,2—2,3	10^{15}	—	—	—	—	0,05
Пластмасса К-21-22	1,4	13	—	10^{12}	300	500	1 400	4,2	9
То же, К-2-11-4	1,4	12	—	10^{12}	—	400	—	2,0	1,5
Пробка	0,16—0,4	—	—	—	—	—	—	—	—
Полихлорвинил (вини- пласт) листовой	1,38	45	3,1—3,5	10^{12}	600	1000	1 000	160	1,5—2
Резина лигсовая	1,3—1,8	10—15	2,6—3,5	$10^{14}—10^{15}$	—	—	—	—	0,5—2
Слюда мусковит	2,8—3,2	120—200	6—7,5	$10^{14}—10^{15}$	28	—	5 000	—	0,01—0,02
Слюда флогопит	2,5—2,7	60—125	4—5,5	10^{13}	18	—	2 500	—	0,1—0,2
Стеатит	2,6—2,8	20—30	5,5—6,5	10^{15}	650	1300	9 500	—	0,2
Стекло	2,5—2,7	10—40	5,5—10	$10^{11}—10^{15}$	600	—	13 000	—	0,1—0,5
Стеклоткань	—	4	—	$10^{11}—10^{12}$	—	—	—	—	—
Текстолит сортов А и Б . .	1,3—1,4	2—6	—	$10^{10}—10^{11}$	600	1000	2 000	25	8—25
Тиконд	3,8—3,9	15—20	60—80	10^{14}	—	1100	—	—	0,2
Фарфор	2,3—2,7	18—25	5—7,5	$10^{14}—10^{15}$	350	500	1 400	20	0,7—2,5
Фибра	1,2—1,4	4—11	3,5	10^{10}	—	—	—	—	—
Шифер	2,7—2,9	1,5—3	4—16	$10^7—10^8$	200	500	900	—	—
Церезин	0,8—0,9	15	2,1—2,3	$10^{16}—10^{18}$	—	—	—	—	—
Эбонит	1,15—1,3	8—10	2,4—4,5	$10^{17}—10^{18}$	—	—	—	—	1—2
Электрокартон ЭМ	0,9—1,5	8—10	2,5—4	$10^9—10^{12}$	—	—	—	—	—

54. Изоляционные ленты

Показатели	Лента изоляционная смоляная (ВТУЭ 250-41)	Лента изоляционная прорезиненная дву- сторонняя и односто- ронняя (ГОСТ 2162-43)	Примечание
Цвет	Черный	Серый или черный	Изоляционная лента должна храниться в закрытом затемнен- ном ящике (помещении) при тем- пературе $5—25^\circ C$
Ширина	15, 25, 40, 50 и 75 мм	10, 15, 20 и 50 мм	
Толщина	0,6 мм	0,2—0,3 мм	

55. Электротехнические

Обозначение лака (марка или №)	Наименование лака	Основные компоненты	Растворитель и разбавитель	Способ и температура сушки в °С
2	Масляный	Льняное масло	Уайт-спирит или бензин	Печной 105, воздушный 20
5, 6 152	Масляно-смоляной	" — "	То же Бензин	Воздушный 20 Печной 105, воздушный 20
155	Канифольный клеющий	Канифоль, касторовое масло	Бензол, толуол, этиловый спирт-сырец	—
202	Электронизолационный покровный	Канифоль, растительное масло	Керосин, уайт-спирит	Печной 210
317 (ТУ МХП 1329-49)	Черный асфальтовый	Масла 25%, битума 41,5%	Скипидара 56%, бензин	Воздушный 18—20
318	То же	Масла 28%, битума 23%	Скипидара 49%, лаптовый керосин, бензин, толуол, бензол и др.	Печной 80—90
321	Светлый пропиточный масляный	Масла 59%, смолы 9%	Скипидара 32%, уайт-спирит	" 80—90
411 (ГОСТ 1347-41)	Масляный кислотоупорный клеющий	Битума 28%, зеленого масла 20%, смолы 2,5%, сиккатива 1,5%	Скипидара 48%	Воздушный 18—20
КП-1 (ГОСТ 1709-42)	Каменноугольный, кузбасслак	Каменноугольный лек, ароматические углеводы	Толуол, сольвент-нафт	Воздушный 18—20
БТ-95 (ГОСТ 8016-56)	Клеющий черный	Битум, масло	Уайт-спирит, ксилол, бензол или бензин	Печной 105
447 (ВТУ МЭП 421-44)	Асфальтовый чернй пропиточный	Смесь лаков № 458 и 460 в соотношении 1:1	Уайт-спирит, ксилол, бензин, лаптовый керосин, толуол, бензол	Воздушный 16—20, печной 105
458 (СТЭ 42-21)	То же	Масла 18%, смолы светлой 3%, битума 34%, сиккатива 0,1%	Уайт-спирита 8,9%, ксилола 36%, сольвентнафт и др.	Печной 100—105
460 (СТЭ 42-25), 462К и БТ-99 (ГОСТ 8017-56)	Асфальтовый чернй покровный	Масла 27%, смолы светлой 0,9%, битума 31%, сиккатива 0,1%	Скипидара 5%, ксилола 36%	" 100—105
	Клеющий и покровный черный	Битум, канифоль, льняное масло, сиккатив	Бензол, уайт-спирит, толуол, бензин	Воздушный 20
802	Масляный пропиточный	Льняное масло, копалы, сиккатив	Бензин, уайт-спирит	Печной 110—115
1154	Масляно-глифталевый	Глифталевые смолы 30%, толуола 40%, спирта этилового 40%	Уайт-спирит, бензин, толуол, лаптовый керосин	" 120—150
861 и 863 (ГОСТ 901-46)	Бакелитовый	Бакелитовая смола, спирт	Спирт гидролизный	Печной 110—115
Г-3	Теплостойкий пропитывающий	Глифталевая смола, льняное масло	Бензин, бензол	" 105
ПХВ-26	Полихлорвиниловая эмаль	Полихлорвиниловая смола	Бензол, толуол	Воздушный 20
НАФ-50	Анилино-формальдегидный	Анилино-формальдегидная смола, высыхающие масла	—	" 16—20
9-627	Крезольно-масляный покровный	Крезольная смола, высыхающие масла	Ксилол, бензол	Печной 105
—	Шеллачный клеющий	Шеллак, спирт	Спирт гидролизный	Воздушный 18—20
1965	Эмаль серая	—	Уайт-спирит и толуол, смесь в равных долях	Воздушный
ЭФ-3	Светло-коричневый	—	Толуол, смесь из бензина и скипидара	Печной 200

Лаки и краски

Время высыха- ния на от- тип в час.	Электрическая проч- ность пленки в кв/мм		Свойства пленки	Назначение лака
	при 20° С	после вы- держки в воде 24 часа		
4—6 12—20 15—20 1—24	70 50 40, при 90° 20	60 40 19	Маслостойкая, водостой- кая То же Маслостойкая, хрупкая	Покровный для гетинакса и дерева после пропитки То же Покровный для обмоток электриче- ских машин
—	—	—	Теплостойкая	Склейка слюды для изоляционных работ при высоких температурах
1) 0,5— 12 мин.; 2) менее 0,5 мин. 12	40—60	—	Водостойкая, механически прочная	Для покрытия металлических по- верхностей (листов трансформаторной стали)
—	30	—	Влагостойкая, немасло- стойкая, хрупкая	Покровный для обмоток электро- двигателей при срочных ремонтах
15—18	50—60	18—22	Маслостойкая	Пропитка изоляции обмоток электро- двигателей при ремонтах
3	45	—	Маслостойкая, влагостой- кая, механически прочная	Пропитка катушек трансформато- ров, лакоткани и бумаги
48	60	20	Кислотостойкая	Для покрытия поверхностей в аккумуля- торных помещениях и частей аккумуля- торов
24	—	—	Водостойкая	Стальные конструкции и трубы, работающие в земле
—	50, при 90° 25	15	Теплостойкая, немаслостой- кая, эластичная	При изготовлении микаленты, из- делий из нее для покрытия лобовых частей обмоток статоров
48 6—8	50—65	22	Влагостойкая, теплостой- кая, противостоит слабым кислотам и щелочам	Пропитка секций машин и бетон- ных реакторов
2—3	45—55, при 90° 25—30	15—18	Влагостойкая, теплостойкая, щелочестойкая, кислотостой- кая	Пропитка секций якорей, тканей и для аппаратов наружной установки
12—15	50—70	20—24	Влагостойкая, теплостой- кая, кислотостойкая, щело- честойкая, немаслостойкая	Покровный для катушек аппаратов и машин, работающих в воздухе
2—3	60—70	15—20	Влагостойкая, немасло- стойкая	Изготовление составной изоляции, покрытие пропитанных обмоток ма- шины и аппаратуры
1,5—3	55—65, при 90° 28	13—20	Маслостойкая	Катушки трансформаторов
1,5—3	55 при 100—110°C	8	Маслостойкая, теплостой- кая	Пропитка изоляции — катушек трансформаторов, изделий из бакелита и дерева, склейка слюдяных из- делий
5—6	—	—	То же	Для изготовления гетинакса и тек- столита
2,5	60	45	Теплостойкая до 150° С	Пропитка стеклоткани
2—3	50	25	Влагостойкая	Покрытие поверхности трубчатых разрядников и бакелитовых изделий
0,3	60	45	Теплостойкая, водостойкая и маслостойкая	Покрытие бумажно-бакелитовой изоляции
0,3—0,5	50—60	20—25	Влагостойкая	Покрытие винифлексовой изоляции проводов
3—4	—	—	Маслостойкая, теплостой- кая	Склейка ответственных изделий из микаленты и бакелита при аварийных ремонтах машин напряжением свыше 6 кв
—	—	—	Маслостойкая, дает проч- ную пленку	Покрытие лобовых частей электри- ческих машин
1—2	50—60	25—30		Пропиточный лак для электрических машин и аппаратов с нагревостойкой (стеклянной и слюдяной) изоляцией

56. Марки и основные свойства лакокрасок (в сравнимых данных в соответствии с ГОСТ 2214-46, ВТУ и заводских испытаний)

Марки лако- тканей	Характеристики лакотканей	Номинальная толщина в мм	Водопоглощаемость различ- ных видов лакокрасочных после 24-часового пребывания в воде при 20±5° С не дол- жна превышать (в %)	Механическая прочность. Предел прочности при растяжении при температуре 20±5° С кг/мм². не менее	Электрическая прочность (средняя) в кВэфф. не менее				Удельное объемное электрическое сопротивление в Ом·см		Теплостойкость в °С	Класс изоляции								
					после выдерживания 18 час. при темпе- ратуре 20±5° С и относительной влажности воздуха 65±5%		после сушки в течение 18 час. при температуре в °С и после перегиба		после пребывания в воде при темпера- туре 20±5° С в те- чение 24 час.	при 20° С			при 125—180° С							
					до перегиба	после перегиба	при 20° С	при 100—180° С												
ЛХ	Лакоткань из хлопчато- бумажной ткани, пропитанной светлым масляным лаком на ос- нове льняного масла	0,15; 0,17; 0,20; 0,24	7—10	Толщиной до 0,24 мм <table><tr><td>по основе</td><td>по утку</td><td>по диа- гонали</td></tr><tr><td>3,0</td><td>2,0</td><td>1,8</td></tr></table>	по основе	по утку	по диа- гонали	3,0	2,0	1,8	3,3—7,7	2,4—4,5	1,8—3,6	100±2° С 1,8—3,4	—	10¹¹—10¹³	10⁸—10¹⁰	105±2	A	
по основе	по утку	по диа- гонали																		
3,0	2,0	1,8																		
ЛШ	Лакоткань из шелковой ткани эксцельсиор, пропитан- ной тем же светлым масляным лаком	0,06; 0,08; 0,10; 0,12; 0,15	6—8	Толщиной 0,12—0,15 мм <table><tr><td>2,0</td><td>1,5</td><td>1,5—1,8</td></tr></table>	2,0	1,5	1,5—1,8	2,7—7,5	2,4—6,3	—	100±2° С 1,4—4,5	—	10¹²—10¹⁴	10⁹—10¹¹	105±2	A				
2,0	1,5	1,5—1,8																		
ЛХЧ	Лакоткань на хлопчато- бумажной основе, пропитанной черным асфальто-масляным лаком	0,17; 0,20; 0,24	6—10	Толщиной до 0,24 мм <table><tr><td>3,0</td><td>2,0</td><td>1,8</td></tr></table>	3,0	2,0	1,8	4,2—7,6	3,1—6,3	—	100±2° С 2,1—4,5	—	10¹¹—10¹⁴	10⁹—10¹⁰	105±2	A				
3,0	2,0	1,8																		
СЛТ-3	Лакоткань из стеклянной бесцелочной ткани типа ЭСТБ, пропитанной светлым масляным лаком	0,12; 0,15; 0,17; 0,20; 0,24	7—10	—	3,3—5,2	2,4—3,8	—	100±2° С 1,8—2,8	—	10¹¹	—	105±2	A							
ЛСТЧ	Лакоткань из стеклянной бесцелочной ткани, пропитан- ной композиционным глифта- лево-битумно-масляным лаком ВЭИ-10	0,11; 0,12; 0,13; 0,15; 0,20; 0,25	3,0	При толщине в мм <table><tr><td>0,11—0,12</td><td>0,13—0,25</td></tr><tr><td>2,5—7,0</td><td>3,0</td></tr></table>	0,11—0,12	0,13—0,25	2,5—7,0	3,0	При толщине в мм <table><tr><td>0,11—0,25</td><td>0,15—0,25</td></tr><tr><td>2,5—9,0</td><td>3,0—7,0</td></tr></table>	0,11—0,25	0,15—0,25	2,5—9,0	3,0—7,0	—	При толщине 0,15—0,25 мм и при 125° С 2,5—6,5 1,0—2,5	При толщине 0,11— 0,25 мм При 180° С 2,0—3,0 1,0—1,5	10¹²—10¹⁴	10¹⁰—10¹²	125±2	B
0,11—0,12	0,13—0,25																			
2,5—7,0	3,0																			
0,11—0,25	0,15—0,25																			
2,5—9,0	3,0—7,0																			
ЛСК-7	Лакоткань из стеклянной бесцелочной ткани марки ЭСТБ, пропитанной теплостойким крем- ний-органическим лаком К-44	0,11; 0,15	0,5	По основе и при толщине 0,11 и 0,15 мм 5,0—19,0	2,5—4,5	1,8—3,0	1,3—2,5	При 180° С 2,0—3,0 1,0—1,5	10¹²—10¹⁵	10¹²—10¹⁴	180±2	СВ								
ЛСЭ-1	Лакоткань из стеклянной бесцелочной ткани марки ЭСТБ, пропитанной и покрытой слоем эскапонового лака	0,12; 0,15; 0,17; 0,20; 0,24	3,0	При толщине 0,17 мм <table><tr><td>8,0</td><td>3,0</td><td>5,0</td></tr></table>	8,0	3,0	5,0	При толщине 0,17 мм <table><tr><td>6,0</td><td>5,0</td></tr></table>	6,0	5,0	—	При 125° С и толщине 0,17 мм 4 1,1—2,75	При толщине 0,12— 0,17 мм 1,1—2,75	10¹²—10¹⁴	10⁹	125±2	B			
8,0	3,0	5,0																		
6,0	5,0																			

57. Сопоставление различных обозначений лаков

Основное обозначение	Обозначение по номенклатуре ХЭМЗ	Обозначение по номенклатуре завода „Электро-сила“	Старое обозначение по номенклатуре завода „Динамо“	Новое обозначение по номенклатуре завода „Динамо“	Обозначение по номенклатуре Минхимпрома
№ 458	Л1100	—	№ 1305—1306	№ 2102	№ 458
№ 447	Л1110	№ 47	№ 1301—1302	№ 2103	№ 447
№ 460	Л2110	№ 60	№ 1307—1309	№ 2101	№ 460
№ 1154	Л1150	№ 50	№ 1803	№ 2203	№ 1154
№ 152	Л2130	№ 51	—	—	—
№ 202	Л2250	№ 13	№ 1501	№ 2208	№ 202
№ 1229	Л2252	№ 58	—	—	№ 154
Серая эмаль печной сушки	Л2260	№ 96	№ 1701	№ 2205	СПД
Серая эмаль холодной сушки	Л2463	№ 83	—	№ 2211	СВД
№ 241	—	№ 8	—	—	—
BT-99	Л2320	№ 26	№ 1401	№ 2201	№ 462
BT-95	Л3100	№ 41	№ 1905—1906	№ 2301	№ 441
№ 1155	Л3221	№ 85	—	—	—
Бакелитовый 50%	Л3252	—	№ 1807	№ 2306	—

Примечание. В обозначениях ХЭМЗ буква Л означает лак, первая цифра 1 — лак пропиточный, 2 — покровный, 3 — клеющий. Вторая цифра у пропиточных и покровных лаков: 1 — горячей сушки немаслостойкий; 2 — горячей сушки маслостойкий; 3 — холодной сушки немаслостойкий; 4 — холодной сушки маслостойкий, а у клеющих лаков вторая цифра обозначает: 1 — с эластичной пленкой, 2 — с твердой пленкой. Третья и четвертая цифры — порядковый номер лака.

58. Характеристика основных растворителей лаков, применяющихся при ремонте электрооборудования

Наименование растворителя	Удельный вес	Температура кипения в °С	Время улетучивания τ (для среднего эфира $\tau = 1$)	Температура вспышки в °С по Безуглову	Температура самовоспламенения в °С	Температура застывания в °С
Ацетон	0,79	56	2,1	-17+18	430	-95
Бензин	0,65—0,78	50—180	35—50	-10—15	500	—
Бензол	0,88	80	3	-12	580	+5,4
Керосин	0,77—0,81	150—300	Весьма велико	+28	—	—
Ксилол	0,85	137	13,5	+23	550	-38
Спирт метиловый	0,79	64	6,3	-1	480	-98
Сероуглерод	1,26	46	1,8	-20	150	-111
Скипидар	0,87	160	—	+35	250	—
Толуол	0,86	110	6,1	+7	550	-95
Уайт-спирит	0,76—0,79	140—200	40—60	+26	—	—
Хлорбензол	1,10	130	12,5	+28	—	-17
Этанол (винный этиловый спирт)	0,80	78	8,3	+18	390	-20
Этиловый эфир (серный)	0,71	34	1,0	-40	190	-116
Четыреххлористый углерод	1,59	76—77	—	Негорючий	—	—

59. Материалы для фланцевых уплотнений маслonaполненных аппаратов

Материал	Применение
Маслоупорная резина толщиной 8 — 20 мм (техпластина марки С-53)	Для фланцев всех частей и узлов маслonaполненной аппаратуры, где уплотнение соприкасается непосредственно с маслом
Резина техническая	Для фланцевых уплотнений воздухопроводов воздушных выключателей
Пробковая пластина толщиной 6—8 мм	Для фланцев, патрубков, маслоспускных кранов и маслосерных устройств и т. п.
Клингерит толщиной 5—6 мм	Для фланцев, крышки, вводов, надставки патрубков, кранов, воздушных пробок
Хлопчатобумажный жгут (шнур) диаметром 8—20 мм	1. Для пробок между крышкой и ребром бака выключателя (в бороздку крышки) 2. Для временной установки при сушке или хранении трансформатора и выключателя

ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ

Ремонт промышленных вентиляционных установок

1. Хазанов И. С., Кучерук В. В., Белянский П. П., Эксплуатация и ремонт вентиляционных установок машиностроительных заводов, Машгиз, 1954.
2. Планово-предупредительный ремонт энергетического оборудования промышленных предприятий, Временные руководящие указания, Госэнергоиздат, 1955.
3. Батулин В. В. и Кучерук В. В., Вентиляция машиностроительных заводов, Машгиз, изд. 2-е, 1954.
4. Рысин С. А., Справочник по вентиляторам, Стройиздат, 1954.
5. Бромлей М. Ф. и Кучерук В. В., Технические испытания и проверка эффективности вентиляционных установок промышленных предприятий, Стройиздат, 1952.
6. Козловский А. С., Жестяничные работы, Машгиз, 1956.

Ремонт кислородных и ацетиленовых установок

1. Правила устройства, установки и освидетельствования сосудов, работающих под давлением, Госэнергоиздат, 1953.
2. Общая инструкция по производству ацетилена, Госхимиздат, 1952.
3. Стрижевский И. И. и Фалькевич А. С., Производство ацетилена из карбида кальция, Госхимиздат, 1949.
4. Глизианенко Д. Л., Кислород и его получение, Госхимиздат, 1951.
5. Буткевич К. С., Ишкин И. П. и др., Эксплуатация кислородных установок, Машгиз, 1949.
6. Герш С. Я., Глубокое охлаждение, "Советская наука", 1949.
7. Правила техники безопасности и промышленной санитарии для судостроительных работ, Судпромгиз, 1950.
8. Тесленко А. Д. и Марченко А. П., Автомобильные и стационарные кислороднодобывающие станции, Военное издательство МВС СССР, 1949.
9. Правила техники безопасности и промышленной санитарии при производстве ацетилена, кислорода и газопламенной обработки металлов на предприятиях Министерства транспортного и тяжелого машиностроения СССР, Машгиз, 1954.
10. Машины и аппаратура для газопламенной обработки металлов, каталог Главкислорода, Госхимиздат, 1951.

11. Технические нормы на нефтепродукты, ВНИИНефть, Госонтехиздат, 1952.

12. Марфенин В. С., Техника безопасности и производственная санитария, сборник постановлений и правил, Издательство ВЦСПС, Профиздат, 1954.

13. Назаренко У. П., Эксплуатационные испытания и повышение экономичности компрессорных установок, Оборонгиз, 1953.

14. Основные положения по пуску и эксплуатации оборудования кислородных установок, Гипрокислород, Госхимиздат, 1955.

15. Эксплуатация переносных ацетиленовых генераторов, ВНИИАвтоген, Руководящие указания, вып. 8, Машгиз, 1955.

Ремонт котельных установок

1. Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых котлов, Углетехиздат, М. 1957.
2. Инструкция по ремонту паро-водяной аппаратуры высокого и среднего давления, Госэнергоиздат, М.—Л. 1953.
3. Инструкция по ремонту поверхностей нагрева паровых котлов (экранов, кипятильной системы и пароперегревателей), Госэнергоиздат, М.—Л. 1953.
4. Инструкция по ремонту обмуровки паровых котлов электростанций, Госэнергоиздат, М.—Л. 1954.
5. Инструкция по приемке котельных агрегатов из ремонта, Госэнергоиздат, М.—Л. 1953.
6. Комков П. И., Ремонт котельных агрегатов, Госэнергоиздат, М.—Л. 1955.
7. Орлов И. С., Очистка котельных агрегатов от внутренних и наружных загрязнений, Госэнергоиздат, М.—Л. 1953.
8. Справочник "Теплотехника предприятий черной металлургии", т. I, Металлургиздат, М. 1953.

Ремонт электроустановок

1. Лукьянов Т. П., Константинов Б. А., Эксплуатация электроустановок промышленных предприятий, ГЭИ, 1955.
2. Коварский Е. М., Ремонт электрических машин, ГЭИ, 1952.
3. Соловьев П. Ф., Основы монтажа и эксплуатации электрооборудования промышленных установок, ГЭИ, 1957.
4. Инструкция по монтажу и эксплуатации асинхронных электродвигателей единой серии мощностью от 0,6 до 100 квт, МЭП, 1954.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ И РЕМОНТ ФУНДАМЕНТОВ ПОД ОБОРУДОВАНИЕ

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ФУНДАМЕНТАМ ОБОРУДОВАНИЯ

Назначение фундаментов

Фундамент должен обеспечивать:

1) распределение на грунт сосредоточенной силы от веса машины в соответствии с несущей способностью грунта;

2) заданное при монтаже положение машины;

3) увеличение жесткости станины машины путем включения фундамента в общую систему;

4) необходимую устойчивость машины при работе за счет понижения центра тяжести всей установки;

5) увеличение массы установки и уменьшение возможной амплитуды смещения при вибрации и ударном действии сил;

6) благоприятное влияние грунта как фактора, заглушающего вибрацию;

7) защиту установленной на фундаменте машины от вредных внешних воздействий при работе окружающих машин и механизмов.

Устройство фундаментов

При устройстве фундаментов под оборудование необходимо стремиться к тому, чтобы общий центр тяжести фундамента и машины и центр тяжести площади подошвы фундамента находились на одной вертикали.

Эксцентриситет для грунтов с расчетным сопротивлением (основным допускаемым давлением) до $1,5 \text{ кг/см}^2$ должен быть не более 3%, а для грунтов с расчетным сопротивлением больше $1,5 \text{ кг/см}^2$ не более 5% размера той стороны подошвы, в направлении которой происходит смещение центра тяжести.

Для обеспечения спокойной работы оборудования высоту фундамента нужно делать возможно меньшей и увеличивать его горизонтальные размеры, так как при этом уменьшается плечо действия горизонтальных сил и возрастает момент реактивного сопротивления грунта.

Фундаменты под оборудование необходимо отделять от надземных и подземных соседних конструкций путем устройства зазора по всему периметру величиной не менее 0,5 м. Связь или соприкосновение конструкций сооружений с фундаментами оборудования может допускаться лишь для фундаментов под оборудование небольшой мощности (электроventильаторов и т. п.).

Передача колебаний от фундамента происходит через грунт. Излишнее заглубление подошвы фундамента оборудования не может остановить колебания, если они возникли.

Подошву фундамента следует располагать на одной отметке. При необходимости выравнивания подошвы котлована допускается устройство подушек из утрамбованного песка, щебня, гравия или тощего бетона, заполняющих отдельные углубления под подошвой фундамента.

Различная глубина заложения рядом стоящих фундаментов допускается при условии, чтобы угол между вышележащим и нижележащим основаниями не превышал угла естественного откоса грунта.

Подготовка под фундаменты оборудования устраивается, как правило, при сооружении фундаментов на влажных и насыщенных водой грунтах. Подготовка выполняется из щебня и крупного гравия, утрамбованного в грунт, с последующей поливкой раствором или из бетона низких марок. Толщина подготовки принимается обычно равной 100—200 мм.

Определение основных размеров фундаментов

Размеры и форма верхней части фундамента назначаются, исходя из размеров и конфигурации подошвы станины. При этом форму фундамента в плане упрощают (размеры от колодцев для анкерных болтов до грани фундамента приведены на стр. 1032).

Площадь основания фундамента определяется по формуле

$$F = \frac{Q}{\sigma_z},$$

где нагрузка Q на подошву фундамента складывается из веса фундамента, засыпки над его обрезами, установленного оборудования и наиболее тяжелой обрабатываемой на станке детали.

Вес фундамента металлорежущих станков при этом может быть приблизительно определен по следующей эмпирической формуле:

$$Q_{\phi} = k_{\phi} \cdot Q_{cm},$$

где Q_{cm} — вес станка; k_{ϕ} — коэффициент; для станков со статической нагрузкой обычно берется в пределах от 0,6 до 1,5 веса станка, а для станков со значительной динамической нагрузкой 2—3. Для формовочных машин вес фундамента приведен на стр. 1041.

Для фундаментов под молоты определенные ориентировочных размеров площади подошвы и его веса приведено на стр. 1036.

Величина σ_z (удельное давление на грунт в $\text{кг}/\text{см}^2$) определяется из условия

$$\sigma_z \leq \alpha \cdot R \text{ кг}/\text{см}^2,$$

где R — расчетное сопротивление основания (основное допускаемое давление на грунт) при действии только статической нагрузки (принимается по табл. 6, 7, 8); α — коэффициент уменьшения, учитывающий вид динамического воздействия на фундамент; α принимается равным:

Для формовочных машин 0,3—0,5
 " молотов коловочных и плгмповочных 0,4
 " турбогенераторов, турбокомпрессоров, турбовоздуходуков и моторгенераторов 0,8

Для металлорежущих станков 0,8—1,
 " дизельй, поршневых компрессоров, лесопильных рам 1,0
 " пробильного оборудования 1,0
 " прокатного оборудования 1,0

Высота фундамента H и для большинства машин, например, металлорежущих станков, глубина его заложения определяются, исходя из веса фундамента Q_{ϕ} и площади F в плане, а также удельного веса материала фундамента γ по формуле

$$H = \frac{Q_{\phi}}{F \cdot \gamma} \text{ или берется с учетом длины фунда-}$$

ментных болтов (см. стр. 1034). Расстояние от нижних концов анкерных болтов до подошвы фундамента или верха проема в фундаменте должно быть не менее 15 см.

Глубина заложения фундаментов под оборудование, устанавливаемое на открытом воздухе или в неотапливаемых помещениях, должна быть не менее глубины промерзания грунта (стр. 1031).

Фундаменты под крупное оборудование, а также значительно ослабленные отверстиями, выемками и шахтами подвергаются дополнительному расчету на прочность по формулам строительной механики и нормам проектирования железобетонных конструкций.

Фундаменты под оборудование с динамическими нагрузками, кроме того, дополнительно рассчитывают на колебания. Предельная допускаемая величина амплитуды колебаний фундамента A_d должна быть больше наибольшей ожидаемой величины амплитуды колебаний верхнего обреза фундамента A ($A \leq A_d$).

Формулы для определения амплитуды колебаний фундаментов под молоты приведены на стр. 1036, а для машин с кривошипно-шатунными механизмами — на стр. 1042. Допускаемые амплитуды колебаний фундаментов приведены на стр. 1045.

При определении амплитуды колебаний фундамента коэффициенты упругого равномерного сжатия для естественных оснований C_z устанавливаются путем испытания грунта, а при отсутствии данных испытаний принимаются в зависимости от величины основного расчетного

1. Коэффициенты упругого равномерного сжатия [1]

Расчетное сопротивление грунта R в $\text{кг}/\text{см}^2$ (см. табл. 6, 7 и 8)	До 1,5	1,5—3,5	3,5—6	Св. 6
Коэффициент упругого равномерного сжатия C_z в $\text{т}/\text{м}^3$	До 3000	3000—6000	6000—10 000	Св. 10 000

сопротивления грунта R (основного допускаемого давления на грунт) согласно табл. 1.

Указанные значения коэффициентов упругого равномерного сжатия C_z относятся к фундаментам, имеющим площадь подошвы более 10 м^2 . Для фундаментов с меньшей площадью подошвы указанные в табл. 1 значения C_z увеличиваются

в отношении $\frac{3,2}{\sqrt{F}}$, где F — площадь подошвы фундамента в м^2 .

Расчетные значения коэффициентов упругого неравномерного сжатия грунта C_φ и упругого равномерного сдвига грунта C_x принимаются равными

$$C_\varphi = 2C_z \text{ т/м}^3,$$

$$C_x = 0,5 C_z \text{ т/м}^3.$$

Расчетные значения коэффициентов жесткости для естественных оснований равны:

при упругом равномерном сжатии

$$K_z = C_z F \text{ т/м};$$

при упругом неравномерном сжатии

$$K_\varphi = C_\varphi J \text{ т/м};$$

при упругом равномерном сдвиге

$$K_x = C_x F \text{ т/м},$$

где F — площадь подошвы фундамента в м^2 ; J — момент инерции подошвы фундамента в м^4 .

ГРУНТЫ

Грунты, используемые в качестве оснований для фундаментов зданий и сооружений, подразделяются на глинистые, песчаные, крупнообломочные и скальные.

Глинистыми называются грунты, для которых число пластичности W_n больше единицы.

Глинистые грунты в зависимости от числа пластичности подразделяются на виды, указанные в табл. 2.

2. Виды глинистых грунтов

Грунты	Число пластичности W_n
Супесь	1—7
Суглинок	7—17
Глина	Св. 17

Песчаными называются сыпучие в сухом состоянии грунты, не обладающие свойством пластичности ($W_n < 1$) и содержащие менее 50% по весу частиц крупнее 2 мм.

Крупнообломочными называются несцементированные грунты, содержащие более 50% по весу обломков кристаллических или осадочных пород размерами более 2 мм.

Песчаные и крупнообломочные грунты в зависимости от гранулометрического состава подразделяются на виды, указанные в табл. 3.

3. Виды крупнообломочных и песчаных грунтов

Вид грунта	Содержание частиц грунта по крупности в % от веса сухого вещества	
	Размеры частиц в мм крупнее	Вес частиц в % свыше
<i>Крупнообломочные грунты</i>		
Щебенистый грунт (при преобладании окатанных частиц — галечниковый)	10	50
Древесный грунт (при преобладании окатанных частиц — гравийный)	2	50
<i>Песчаные грунты</i>		
Песок гравелистый	2	25
„ крупный	0,5	50
„ средней крупности	0,25	50
Песок мелкий	0,1	75
„ пылеватый	0,1	Менее 75

Скальные грунты — это изверженные, метаморфические и осадочные породы с жесткой связью между зернами (спаянные и сцементированные), залегающие в виде сплошного массива или трещиноватого слоя, образующего подобие сухой кладки.

Грунты характеризуются числом пластичности. Числом пластичности грунта W_n называется разность весовых влажностей, выраженных в процентах, соответствующих двум состояниям грунта: на границе текучести W_T и на границе раскатывания W_p .

Твердое состояние глинистых грунтов характеризуется природной влажностью $W \leq 1,2 W_p$, а пластичное $W > 1,2 W_p$.

Глинистые грунты, обладающие видимыми невооруженным глазом порами, значительно превосходящими размеры частиц, составляющих скелет грунта, называются макропористыми грунтами.

В табл. 4 приведены признаки, характеризующие виды глинистых грунтов, распознаваемые различными приближенными способами.

4. Признаки, характеризующие виды глинистых грунтов

Виды грунтов	Способы распознавания грунтов							
	Ощущение при растирании в руке	Рассматривание в лупу	Состояние в сухом виде	Состояние во влажном виде	Скатывание в шнур в сыром состоянии	Резание ножом в сыром состоянии	Сдавливание шаров в сыром состоянии	Проба на черту, проведенную стеклянной палочкой несколько раз назад и вперед
Супесь	Песчаные частицы преобладают, комочки раздавливаются без труда	Видно большое количество песка, который преобладает над глинистыми частицами	Комья легко рассыпаются от давления рукой	Непластичны	Шнура почти не удается скатать	—	Шар при легком давлении рассыпается	—
Суглинок	Чувствуются песчаные частицы, комочки раздавливаются труднее	Ясно видно присутствие песчинок на фоне тонкого порошка	Комья и куски более тверды, от удара молотком рассыпаются на мелочь	Пластичность и липкость слабые	Длинного шнура не дают, так как он рвется; шнур между ладонями разделяется	Чувствуется присутствие песчинок	Дают лепешку с краями в трещинах	Черта матовая, глубокая и широкая
Глина	Не чувствуется между пальцами песчаных частиц, комочки раздавливаются очень трудно	Песчинок не видно	Твердые куски	Вязки, пластичны, липки и мажутся	Шнур длинный и тонкий (при чистой глине 0,5 мм), при скатывании в шнур диаметром около 5 мм между ладонями концы его выходят за границы ладони, не отделяясь	Дает гладкую поверхность, на которой не видно песчинок	Сдавливаются в лепешку, не трескаясь по краям	Черта тем уже, мельче и более блестящая, чем больше глина приближается к тяжелой

Песчаные, а также глинистые макропористые грунты называются маловлажными, если вода заполняет не более 50% всего объема пор, очень влажными, если вода заполняет от 50 до 80% всего объема пор, и насыщенными водой, если вода заполняет более 80% всего объема пор.

Песчаные грунты разделяются на плотные, средней плотности и рыхлые в зависимости от величины коэффициента пористости * (табл. 5).

5. Значения коэффициента пористости *

Виды песчаных грунтов	Плотность сложения		
	Плотные	Средней плотности	Рыхлые
Пески гравелистые, крупные и средней крупности	<0,55	0,55—0,65	>0,65
Пески мелкие	<0,60	0,60—0,70	>0,70
Пески пылеватые	0,60	0,60—0,80	>0,80

Расчетные сопротивления грунтов (допускаемые давления)

В табл. 6—8 приведены расчетные сопротивления грунтов, отвечающие глубине заложения 1,5—2 м и ширине фундамента 0,6—1 м.

6. Расчетные сопротивления R оснований из глинистых (не макропористых) грунтов с малой структурной связностью в кг/см^2

Наименование грунта	Коэффициент пористости грунта *	Состояние грунта в основании	
		Твердое	Пластичное
Супеси	0,5	3,0	3,0
	0,7	2,5	2,0
Суглинки	0,5	3,0	2,5
	0,7	2,5	1,8
	1,0	2,0	1,0
Глины	0,5	6,0	4,0
	0,6	5,0	3,0
	0,8	3,0	2,0
	1,1	2,5	1,0

Табличные значения увеличиваются для фундаментов шириной 5 м и более при песчаных и крупнообломочных грун-

7. Расчетные сопротивления R песчаных оснований в кг/см^2

Наименование грунта	Грунты основания	
	Плотные	Средней плотности
Пески гравелистые и крупные независимо от их влажности . . .	4,5	3,5
Пески средней крупности независимо от их влажности	3,5	2,5
Пески мелкие: маловлажные	3,0	2,0
очень влажные и насыщенные водой	2,5	1,5
Пески пылеватые: маловлажные	2,5	2,0
очень влажные	2,0	1,5
насыщенные водой	1,5	1,0

8. Расчетные сопротивления R оснований из крупнообломочных грунтов в кг/см^2

Наименование грунта	Расчетное сопротивление в кг/см^2
Щебенистый (галеchnиковый) с песчаным заполнением пор	6,0
Древесный (гравийный) из обломков кристаллических пород	5,0
Древесный (гравийный) из обломков осадочных пород	3,0

тах на 50%, при пылеватых песках и глинистых грунтах на 20%. Для фундаментов шириной от 1 до 5 м расчетные сопротивления определяются интерполяцией между указанными величинами.

При глубине заложения более 2 м расчетные сопротивления умножаются на коэффициент

$$m = 1 + \frac{\gamma}{R} [k(H - 200) - h],$$

при глубине меньшей 1,5 м — на коэффициент

$$m = 0,5 + 0,0033H,$$

где H — глубина заложения фундамента в см; γ — среднее значение объемного веса грунта, залегающего выше подошвы фундамента, в кг/см^3 ; h — разность отметок уровня природного грунта и пола подвала в см; k — коэффициент, принимаемый для крупнообломочных грунтов и песков равным 2,5, супеси и суглинка 2,0 и для глины 1,5.

* Коэффициентом пористости * грунта называется отношение объема пор к объему минеральной части грунта.

Углы естественного откоса грунтов

Трудность разработки, а также способность грунтов держаться в откосе определенной крутизны определяются степенью связности между собой частиц грунта.

Угол, образуемый линией откоса с горизонтальной поверхностью основания насыпи, носит название угла естественного откоса.

Величины угла естественного откоса приведены в табл. 9.

9. Углы естественного откоса грунтов

Наименование грунта	Влажность грунта					
	Сухой		Влажный		Мокрый	
	Угол в град.	Отношение высоты к заложению	Угол в град.	Отношение высоты к заложению	Угол в град.	Отношение высоты к заложению
Гравий	40	1 : 1 ¹ / ₄	40	1 : 1 ¹ / ₄	35	1 : 1 ¹ / ₂
Галька	35	1 : 1 ¹ / ₂	45	1 : 1	25	1 : 2 ¹ / ₄
Песок крупный	30	1 : 1 ³ / ₄	32	1 : 1 ¹ / ₂	27	1 : 2
" средний	28	1 : 2	35	1 : 1 ¹ / ₂	25	1 : 2 ¹ / ₄
" мелкий	25	1 : 2 ¹ / ₄	30	1 : 1 ³ / ₄	20	1 : 2 ³ / ₄
Глина жирная	45	1 : 1	35	1 : 1 ¹ / ₂	15	1 : 3 ³ / ₄
Суглинок, глина легкая	50	1 : 3 ³ / ₄	40	1 : 1 ¹ / ₄	30	1 : 1 ³ / ₄
Суглинок легкий	40	1 : 1 ¹ / ₄	30	1 : 1 ³ / ₄	20	1 : 2 ³ / ₄
Растительный грунт	40	1 : 1 ¹ / ₄	35	1 : 1 ¹ / ₂	25	1 : 2 ¹ / ₄
Насыпной грунт	35	1 : 1 ¹ / ₂	45	1 : 1	27	1 : 2

10. Объемные веса грунтов и способы их разработки

Категория грунта	Наименование грунта	Средний объемный вес грунта в плотном состоянии при естественной влажности в кг/м ³	Способ разработки и инструмент
I	Песок Супесок Растительный грунт Торф	1500 1600 1200 600	Разрабатываются подборочными и закругленными лопатами
II	Легкий и лёссовидный суглинок . . Гравий рыхлый, мелкий и средний Плотный растительный грунт с корня и травы Торф и растительный грунт с корнями кустарника Песок и растительный грунт, смешанный со щебнем или галькой . . . Насыпной слежавшийся грунт с примесью щебня или гальки . . . Супесок с примесью щебня, гальки и строительного мусора	1600 1700 1400 1100 1650 1750 1900	Разрабатываются лопатами с незначительным киркованием
III	Жирная глина Тяжелый суглинок Гравий крупный, галька и щебень крупностью 15—40 мм Лёсс, смешанный с гравием и галькой Растительная земля и торф с корнями Суглинок, смешанный со щебнем или галькой и строительным мусором	1800 1750 1750 1800 1400 1900	Разрабатываются штыковой лопатой со сплошным киркованием и частичным применением лома

Продолжение табл. 10

Категория грунта	Наименование грунта	Средний объемный вес грунта в плотном состоянии при естественной влажности в кг/м^3	Способ разработки
IV	Тяжелая глина	1950	Разрабатываются штыковой лопатой со сплошным применением кирок и частичным применением клина и молота и отбойными молотками
	Жирная глина с примесью щебня, гальки, строительного мусора и булыг весом до 25 кг	1950—2000	
	Крупная галька размером до 90 мм, чистая, с примесью булыг весом до 10 кг	1950	
	Отвердевший лесс	1800	
	Дресва	1800	
V	Плотная глина с валунами до 50 кг весом и до 10% по объему	2100	Разрабатываются частично вручную ударными инструментами, отбойными молотками, частично взрыванием
	Туф и пемза	1100	
	Известняк мягкий, пористый, сильно трещиноватый и ракушечник	1200	
	Гипс	2200	
	Сланцы разные некрепкие	2000	
VI	Песчаник глинистый, выветрившийся, сильно трещиноватый	2000	В большинстве случаев разрабатываются взрывным способом
	Все скальные грунты	2200—3100	
VII	Плывун	1300—1600	Разрабатывается совковыми лопатами, ведрами, черпаками

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ФУНДАМЕНТОВ ОБОРУДОВАНИЯ

Фундаменты под оборудование изготовляются из бетона, железобетона и в отдельных случаях из бутобетона и кирпича.

Наиболее ценным материалом для постройки фундаментов является железобетон. Помимо хорошего сопротивления изгибу железобетон обладает большим сопротивлением перерезывающим усилиям. Поэтому из железобетона можно сооружать тонкостенные фундаменты, фундаменты-плиты, распластанные фундаменты и фундаменты сложной конфигурации. Конструкции железобетонных фундаментов проектируются по методам проектирования железобетонных конструкций после того, как будут определены наружные размеры. Использование железобетона допускает устройство фундаментов из готовых элементов заводского производства с последующим монтажом по сборному методу.

Кирпичная кладка для фундаментов под оборудование допускается только выше уровня грунтовых вод, причем она

должна производиться из хорошо обожженного и тщательно отбракованного кирпича. Применение для изготовления фундаментов силикатного кирпича не допускается.

Цементы

Для изготовления фундаментов под оборудование наибольшее применение имеет портландцемент, а при наличии агрессивных грунтовых вод — пуццолановый портландцемент и шлакопортландцемент. Глиноземистый цемент, имеющий короткие сроки твердения, применяется, когда требуется быстро ввести фундамент под монтаж оборудования или при бетонировании в зимних условиях.

Для восстановления фундаментов, заделки отверстий анкерных болтов и зазоров между станинами машин и фундаментами применяются расширяющиеся цементы.

Для фундаментов под легкие станки и легкое оборудование применяются известково-шлаковый и известково-золеный цементы.

Портландцемент—гидравлическое вяжущее вещество, твердеющее в воде и на воздухе, продукт тонкого измельчения портландцементного клинкера, получаемого обжигом до спекания сырьевой смеси, состоящей из глины и углекислого кальция. Для регулирования сроков схватывания при помоле к клинкеру добавляют до 3% гипса, а также вводят до 15% активных минеральных добавок для улучшения качества и снижения его стоимости.

Пластифицированный портландцемент изготавливается путем совместного тонкого измельчения портландцементного клинкера и пластифицирующей добавки. В качестве пластифицирующих добавок применяются концентраты сульфитно-спиртовой барды в количестве 0,1—0,25% (считая на сухое вещество) веса цемента. Бетоны на пластифицированном цементе более морозостойки и водонепроницаемы.

Пуццолановый портландцемент—вяжущее вещество, твердеющее в воде и на воздухе, получаемое совместным тонким измельчением портландцементного клинкера и активной минеральной добавки (трепела, пемзы, туфа, трасса и др.) или тщательным смешением тех же раздельно измельченных материалов.

Содержание активных минеральных добавок в пуццолановом портландцементе должно составлять не менее 20% и не более 50% веса готового продукта.

Шлакопортландцемент—вяжущее вещество, твердеющее в воде и на воздухе, получаемое совместным тонким измельчением портландцементного клинкера и доменного гранулированного шлака или тщательным смешением тех же раздельно измельченных материалов.

Содержание доменного гранулированного шлака в шлакопортландцементе должно составлять не менее 20% и не более 85% веса готового продукта.

Допускается замена части шлака, в количестве не более 15% веса готового продукта, активной минеральной добавкой.

Глиноземистый цемент—быстро твердеющее гидравлическое вяжущее вещество, получаемое тонким измельчением сплава из клинкера, изготовляемого расплавлением или обжигом до спекания сырьевой смеси, составленной из бокситов и известняков.

Бокситы имеют в своем составе до 80% окислов алюминия.

Показатели предела прочности при сжатии и растяжении образцов кубов стандартного размера $200 \times 200 \times 200$ мм, изготовленных из раствора жесткой консистенции состава 1:3 по весу, при их испытании должны быть для портландцемента, пуццоланового портландцемента, шлакопортландцемента не менее величин, указанных в табл. 11, и для глиноземистого цемента—в табл. 12.

11. Предел прочности при сжатии и растяжении портландцемента, пуццоланового портландцемента, шлакопортландцемента в кг/см^2 (по ГОСТ 970-41)

Марка цемента	Портландцемент						Пуццолановый портландцемент				Шлакопортландцемент			
	через 3 дня		через 7 дней		через 28 дней		через 7 дней		через 28 дней		через 7 дней		через 28 дней	
	сжатие	растяжение	сжатие	растяжение	сжатие	растяжение	сжатие	растяжение	сжатие	растяжение	сжатие	растяжение	сжатие	растяжение
150	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	80	—	150	—
200	—	—	120	12	200	16	100	11	200	16	100	11	200	16
250	—	—	160	12	250	16	130	11	250	16	130	11	250	16
300	—	—	200	15	300	20	160	14	300	20	160	14	300	20
400	190	16	280	19	400	23	220	18	400	23	220	18	400	23
500	260	20	380	23	500	27	300	22	500	27	300	22	500	27
600	300	22	450	27	600	32	—	—	—	—	—	—	—	—

Примечание. Обозначение марки цемента определяет предел прочности сжатия образцов из раствора жесткой консистенции состава 1:3 по весу, изготовленных в соответствии с ГОСТом 310-41 и испытанных через 28 дней с момента затворения.

12. Предел прочности при сжатии и растяжении
глиноземистого цемента в кг/см^2
(по ГОСТ 969-41)

Марка цемента	Предел прочности при сжатии		Предел прочности при растяжении	
	через 24 часа	через 3 дня	через 24 часа	через 3 дня
300	250	300	16	18
400	350	400	20	22
500	450	500	24	26

В табл. 13 приведены виды и марки изготовляющихся цементов, а в табл. 14 — указания по их применению.

13. Марки гидравлических вяжущих цементов

Виды цементов	Марки цементов
<i>Портландцементы</i>	
Портландцемент	200, 250, 300, 400, 500 и 600
Пластифицированный портландцемент	300, 400, 500 и 600
Сульфатостойкий портландцемент	300, 400 и 500
Быстротвердеющий портландцемент	300
Белый и цветные портландцементы	200, 250, 300 и 400
Пуццолановый портландцемент	200, 250, 300, 400 и 500
Сульфатостойкий пуццолановый портландцемент	300, 400 и 500
Шлакопортландцемент	150, 200, 250, 300, 400 и 500
Магнезиальный портландцемент	200, 250, 300, 400 и 500
Шлаковый магнезиальный портландцемент	150, 200, 250, 300, 400 и 500

Продолжение табл. 13

Виды цементов	Марки цементов
Портландцемент для строительных растворов	100, 150 и 200
Дорожный портландцемент	400, 500 и 600
<i>Глиноземистые цементы</i>	
Глиноземистый цемент	300, 400, 500 и 600
Глиноземистый ангидритовый цемент	300, 400, 500 и 600
Глиноземистый цемент с заполнителями	300 и 400
<i>Расширяющиеся цементы</i>	
Быстросхватывающийся расширяющийся цемент	300, 400, 500 и 600
Расширяющийся цемент с замедленными сроками схватывания	300, 400 и 500
<i>Шлаковые цементы</i>	
Сульфатно-шлаковый цемент	150, 200, 250 и 300
Известково-шлаковый цемент	50, 100 и 150
<i>Известково-пуццолановые цементы</i>	
Известково-пуццолановый цемент неводостойкий	50, 100 и 150
Известково-пуццолановый цемент водостойкий	50, 100 и 150

Марки портландцементов, глиноземистых, расширяющихся цементов с замедленными сроками схватывания, шлаковых и известково-пуццолановых цементов устанавливаются по показателям предела прочности при сжатии образцов из жесткого трамбованного раствора состава 1 : 3.

Марки быстросхватывающихся расширяющихся цементов устанавливаются по показателям предела прочности при сжатии образцов из теста нормальной густоты.

14. Указания по применению цементов

Виды цементов	Основное назначение	Допускаемое применение	Не допускается применять
<i>Портландцементы</i>			
Портландцемент, гидрофобный портландцемент, пластифицированный портландцемент, быстротвердеющий портландцемент	Для бетонных и железобетонных надземных и подземных конструкций	Для строительных растворов с введением для экономии цемента извести, глины и других молотых наполнителей	Для конструкций, подвергающихся воздействию агрессивных вод, без специальных мер защиты

Продолжение табл. 14

Виды цементов	Основное назначение	Допускаемое применение	Не допускается применять
Сульфатостойкий портландцемент	Для бетонных и железобетонных конструкций, подвергающихся воздействию сульфатных вод, при систематическом многократном увлажнении и высыхании или замораживании и оттаивании	Для бетонных и железобетонных конструкций, подвергающихся воздействию сульфатных вод	Для конструкций, не подвергающихся воздействию агрессивных вод (по экономическим соображениям)
Пуццолановый портландцемент	Для бетонных и железобетонных подземных и подводных конструкций, подвергающихся воздействию пресных вод	Для бетонных и железобетонных надземных конструкций, находящихся в условиях повышенной влажности. Для строительных растворов	Для конструкций: 1) подвергающихся быстрому высыханию; 2) подвергающихся систематическому многократному замораживанию и оттаиванию или увлажнению и высыханию
Сульфатостойкий пуццолановый портландцемент	Для бетонных и железобетонных подземных и подводных конструкций, подвергающихся воздействию сульфатных вод	Для конструкций, подвергающихся воздействию пресных вод	Для конструкций: 1) не подвергающихся воздействию агрессивных вод (по экономическим соображениям); 2) подвергающихся быстрому высыханию; 3) подвергающихся систематическому многократному замораживанию и оттаиванию или увлажнению и высыханию
Шлакопортландцемент	Для бетонных и железобетонных надземных, подземных и подводных конструкций, подвергающихся воздействию пресных вод	Для строительных растворов	Для конструкций, подвергающихся систематическому многократному замораживанию и оттаиванию или увлажнению и высыханию
Магнезиальный портландцемент	Для бетонных и железобетонных надземных и подземных конструкций, защищенных от воздействия грунтовых вод	Для строительных растворов в надземных и подземных конструкциях, защищенных от воздействия грунтовых вод	1) Для конструкций, подвергающихся воздействию грунтовых вод; 2) для подводных конструкций; 3) для конструкций при повышенных требованиях к сопротивлению растяжению; 4) для бетонных и железобетонных изделий, изготавливаемых с пропариванием
Шлаковый магнезиальный портландцемент	Для бетонных и железобетонных надземных и подземных конструкций	1) Для строительных растворов; 2) для бетонных и железобетонных конструкций, подвергающихся воздействию пресных вод	1) Для конструкций, подвергающихся воздействию грунтовых вод; 2) для конструкций при повышенных требованиях к сопротивлению растяжению; 3) для бетонных и железобетонных изделий, изготавливаемых с пропариванием

Продолжение табл. 14

Виды цементов	Основное назначение	Допускаемое применение	Не допускается применять
Портландцементы для строительных растворов	1) Для строительных растворов в надземных сооружениях; 2) для конструкций из бетонов низких и средних марок	—	1) Для железобетонных конструкций; 2) для подводных конструкций; 3) для конструкций, подвергающихся быстрому высыханию; 4) для конструкций, подвергающихся систематическому многократному замораживанию и оттаиванию или увлажнению и высыханию
Для железобетонных конструкций допускается применение портландцементов марок не менее 250			
<i>Глиноземистые цементы</i>			
Глиноземистый цемент	1) Для бетонных и железобетонных конструкций с высокой маркой бетона (в короткие сроки твердения), а также для конструкций, подвергающихся попеременному воздействию воды и мороза; 2) для жароупорных растворов и бетонов; 3) для бетонных и железобетонных конструкций, подвергающихся воздействию сернистых газов	—	Для конструкций надземных и подводных, в которых температура бетона в результате внешнего температурного воздействия и тепловыделения может в процессе затвердевания подняться выше 25° С, в частности, в конструкциях большой толщины или большого объема
Глиноземистый ангидритовый цемент	Для бетонных и железобетонных конструкций с высокой маркой бетона (в короткие сроки твердения) при температуре бетона в процессе твердения более 25° С	1) Для бетонных и железобетонных конструкций с высокой маркой бетона (в короткие сроки твердения), а также для конструкций, подвергающихся попеременному воздействию воды и мороза; 2) для жароупорных растворов и бетонов; 3) для бетонных и железобетонных конструкций, подвергающихся воздействию сернистых газов	—
Глиноземистые цементы с наполнителями	Для бетонных и железобетонных конструкций со средней и низкой марками бетона (в короткие сроки твердения)	1) Для бетонных и железобетонных конструкций с высокой маркой бетона (в короткие сроки твердения), а также для конструкций, подвергающихся попеременному воздействию воды и мороза; 2) для жароупорных растворов и бетонов; 3) для бетонных и железобетонных конструкций, подвергающихся воздействию сернистых газов	Для конструкций надземных и подводных, в которых температура бетона в результате внешнего температурного воздействия и тепловыделения может в процессе затвердевания подняться выше 25°С, в частности в конструкциях большой толщины или большого объема

Продолжение табл. 14

Виды цемента	Основное назначение	Допускаемое применение	Не допускается применять
<i>Расширяющиеся цементы</i>			
Быстротвердеющие расширяющиеся цементы	1) Для зачеканки и гидроизоляции швов, труб, раструбов и тому подобных элементов; 2) для заделки фундаментных болтов в бетонных и железобетонных конструкциях, подливки под машины и т. п.	1) Для получения плотных стыков в сборных бетонных и железобетонных конструкциях; 2) для заделки трещин в бетонных и железобетонных конструкциях, для усиления конструкций и т. п.	1) При производстве работ при температуре ниже 0°C без обогрева; 2) при работе конструкций в эксплуатационных условиях при температуре выше 80°C ; 3) для конструкций, подвергающихся действию грунтовых вод
Расширяющиеся цементы с замедленными сроками схватывания	1) Для получения безусадочных и расширяющихся водонепроницаемых бетонов, гидроизоляционных штукатурок и заделки стыков сборных бетонных и железобетонных конструкций; 2) для моноличивания и усиления конструкций, подливки фундаментов и заделки фундаментных болтов	Для зачеканки швов и раструбов при рабочем давлении до 10 ат , создаваемом не ранее 24 час. с момента окончания зачеканки	1) При производстве работ при температуре ниже 0°C без обогрева; 2) при работе конструкций в эксплуатационных условиях при температуре выше 80°C ; 3) для конструкций, подвергающихся действию грунтовых вод
<i>Шлаковые цементы</i>			
Сульфатно-шлаковые цементы	Для бетонных и железобетонных конструкций и строительных растворов в подземных и подводных сооружениях, в том числе подвергающихся воздействию сульфатных вод	Для бетонных и железобетонных конструкций и строительных растворов в наземных сооружениях	1) При производстве работ при температуре ниже $+10^{\circ}\text{C}$ без обогрева; 2) в смеси с другими вяжущими веществами; 3) для конструкций, подвергающихся систематическому многократному замораживанию и оттаиванию или увлажнению и высушиванию
Известково-шлаковые цементы	Для строительных растворов и бетонов низких марок в подземных и подводных сооружениях	Для строительных растворов и бетонов низких марок в наземных сооружениях	1) При производстве работ при температуре ниже $+10^{\circ}\text{C}$ без обогрева; 2) для конструкций, подвергающихся систематическому замораживанию и оттаиванию или увлажнению и высушиванию
Для железобетонных конструкций допускается применение сульфатно-шлаковых цемента марок не ниже 250			

Продолжение табл. 14

Виды цементов	Основное назначение	Допускаемое применение	Не допускается применять
<i>Известково-пуццолановые цементы</i>			
Известково-пуццолановые цементы неводостойкие	Для кладочных и штукатурных растворов в конструкциях, работающих во влажных условиях и под водой	1) Для бетонов низких марок в конструкциях, работающих во влажных условиях и под водой; 2) в частях гидротехнических сооружений, защищенных от замерзания; 3) для производства бетонных камней, изготавливаемых с автоклавной обработкой	1) Для конструкций, работающих в воздушной среде; 2) при производстве работ при температуре ниже $+10^{\circ}\text{C}$ без обогрева; 3) для железобетонных конструкций
Известково-пуццолановые цементы водостойкие	Для кладочных и штукатурных растворов в конструкциях, работающих в воздушных условиях	1) Для бетонов низких марок в конструкциях, работающих в воздушных условиях; 2) для штукатурных и кладочных растворов в конструкциях, работающих в условиях влажного воздуха	1) При производстве работ при температуре ниже $+10^{\circ}\text{C}$ без обогрева; 2) для железобетонных конструкций; 3) для бетонов низких марок и растворов в конструкциях, работающих под водой
Для повышения прочности, водостойкости и морозостойкости к известково-пуццолановым цементам разрешается добавлять до 20% портландцемента			

Заполнители для бетонов

В качестве заполнителей при изготовлении бетонной смеси для тяжелых бетонов применяются песок, гравий и щебень из твердых, прочных и устойчивых во времени горных пород.

Наибольший размер зерен крупного заполнителя не должен превышать $1/4$ наименьшего размера конструкции и $3/4$ наименьшего расстояния между стержнями арматуры. Независимо от этого наибольшая крупность зерен не должна превышать 150 мм.

Песок. Природный песок, применяемый для изготовления обычного (тяжелого) бетона, представляет собой образовавшуюся в результате выветривания горных пород рыхлую смесь зерен крупностью от 0,15 до 5 мм различных минералов, входящих в состав изверженных (реже осадочных) горных пород. Чаще всего встречаются кварцевые пески с примесью зерен полевого шпата, листочков слюды и других минералов. Кварцевые пески пригодны для бетона любых марок. Остальные пески, в особенности известняковые и ракушеч-

ные, должны быть предварительно проверены на прочность в растворе или бетоне требуемой марки.

Зерна речного песка истираются при переносе водой и имеют поэтому округлую форму. Зерна горных (овражных) песков — остроугольные. Желательно применять песок с остроугольными зернами — он лучше сцепляется с цементным камнем и придает бетону большую прочность. Этот песок должен быть возможно более чистым. Поскольку промывка песка сложна и дорога, обычно предпочитают речной песок.

Для бетона наиболее пригоден крупный, в основном песок, но содержащий достаточное количество средних и мелких зерен.

Для обычного бетона допускается песок любых твердых пород, как естественный, так и искусственный (дробленый). Объемный вес песка в бетоне для конструкций, подвергающихся замораживанию в насыщенном водой состоянии или выполняемых из бетона марок выше 150, должен быть не менее 1550 кг/м^3 , для бетона конструкций, не насыщаемых водой, при марке бетона 150 и ниже — не менее 1400 кг/м^3 .

Гравий. Гравием называется материал, образовавшийся в результате естественного разрушения (выветривания) изверженных, осадочных или измененных (метаморфических) горных пород. Наиболее выгодна малоокатанная (щебневидная) форма зерен.

Гравий имеет то преимущество перед щебнем, что встречается в природе в раздробленном состоянии. Вторым преимуществом гравия является несколько большая подвижность бетонной смеси вследствие меньшего, чем при щебне, трения между цементным раствором и гладкой поверхностью зерен. Гравий обычно дает меньший объем пустот из-за окатанности зерен и меньшего трения при укладке.

К недостаткам гравия относится более слабое сцепление его с цементным раствором при затвердевании, снижающее прочность бетона, а также загрязненность глинистыми и другими примесями, вследствие чего часто требуется промывка.

По крупности зерен гравий разделяется на сортовой и рядовой. Сортовой гравий делится на особо мелкий (от 5 до 10 мм), мелкий (от 5 до 20 мм), средний (от 20 до 40 мм), крупный (от 40 до 150 мм). Рядовой гравий подразделяется на средний (от 5 до 40 мм) и крупный (от 5 до 150 мм).

Щебень. Щебнем называют материал, полученный в результате искусственного дробления камней на куски размерами от 5 до 150 мм.

Щебень для бетонов делится:

по происхождению:

1) на природный обыкновенный, (ГОСТ 2780-50), полученный дроблением тяжелых горных пород;

2) на природный легкий, полученный дроблением легких горных пород;

3) на искусственный легкий, полученный из вспученных при обжиге глинистых пород (керамзитовый щебень), из специально обработанных металлургических шлаков (шлаковая пемза), из топливных шлаков и зол, подвергнутых спеканию (агломерированный шлак); искусственный — из керамического боя или обожженного глиняного кирпича (ГОСТ 3192-50);

4) на искусственный из отвальных топливных шлаков;

5) на искусственный из дробленых металлургических шлаков;

по крупности:

на рядовой средний (от 5 до 40 мм), крупный (от 5 до 150 мм), сортовой особо мелкий (от 5 до 10 мм), мелкий (от 5

до 20 мм), средний (от 20 до 40 мм) и крупный (от 40 до 150 мм).

Щебень, применяющийся для обычного бетона, должен иметь прочность выше заданной марки бетона.

В бетоне обычных марок (до 150 кг/см² включительно) высокая прочность щебня, получаемого из изверженных пород, не используется, так как бетон разрушается по наиболее слабому месту — цементному раствору. В таких бетонах может применяться кирпичный щебень.

Для изготовления кирпичного щебня желательно использовать кирпич более прочный и плотный: отходы дорожного, пережженного (железняк) кирпича.

Бетоны

Бетонами называются искусственные каменные материалы, получаемые в результате затвердевания смеси из вяжущего вещества, воды, мелких и крупных заполнителей, взятых в определенных рассчитанных соотношениях. До затвердевания эта смесь называется бетонной смесью.

Для изготовления бетонов чаще всего применяют цементы и неорганические заполнители.

Вяжущее вещество и вода являются активными составляющими бетона. Благодаря реакции между ними образуется цементный камень и происходит сцепление его с заполнителями.

Заполнители в большинстве случаев являются инертными, т. е. не вступают в химическое соединение с цементом и водой. Заполнители образуют жесткий скелет бетона и уменьшают его усадку, возникающую вследствие усадки цементного камня при твердении.

Кроме заполнителей, в бетоне могут содержаться еще тонкомолотые активные добавки, инертные и специальные добавки, улучшающие свойства бетона.

Марка бетона обозначает предел прочности при сжатии стандартных бетонных кубиков размером 20 × 20 × 20 см, изготовленных из рабочей бетонной смеси и испытанных через 28 дней твердения в нормальных условиях (температура 15—25° С, относительная влажность окружающего воздуха 90—100%).

Бетоны на неорганических вяжущих по основным показателям подразделяются:

а) по объемному весу в сухом состоянии на обыкновенные (тяжелые), с объемным весом 1800 кг/м³ и более; легкие — с объемным весом более 600 до 1800 кг/м³;

теплоизоляционные — с объемным весом 600 кг/м³ и менее;

б) по пределу прочности при сжатии — на марки для обыкновенных бетонов 25, 35, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 400, 500 и 600; для легких бетонов 10, 15, 25, 35, 50, 75, 100, 150, 200 и 300;

в) по морозостойкости, характеризующей минимальным числом циклов замораживания и оттаивания в насыщенном водой состоянии, — 10, 15, 25, 35, 50, 100 и 200 циклов.

Предел прочности бетона при растяжении в 8—15 раз меньше, чем при сжатии. Чем выше марка бетона, тем больше

отношение $\frac{R_{сж}}{R_{раст}}$.

Водо-цементным отношением $\left(\frac{B}{Ц}\right)$ называется отношение веса воды к весу цемента в свежизготовленной бетонной смеси, причем учитывается только свободная, не поглощенная заполнителями вода.

Между прочностью бетона и цемента существует прямо пропорциональная зависимость. Эта зависимость выражается в виде эмпирической формулы проф. М. Н. Беляева.

$$R_{28} = \frac{R_u}{A \left(\frac{B}{Ц}\right)^n},$$

где R_{28} — прочность бетона через 28 дней; R_u — прочность обыкновенного цемента при сжатии к 28 дням (в растворе 1 : 3 по стандарту); A и n — эмпирические коэффициенты (при испытании цемента в растворе жесткой консистенции $n = 1,5$; для бетона с гравием $A = 4$, со щебнем $A = 3,5$).

Прочность бетона с гравием обычно на 10—15% ниже прочности бетона со щебнем при том же отношении $\frac{B}{Ц}$ из-за менее прочного сцепления гравия с цементным раствором.

Наряду с указанной формулой применяются и более простые, как, например, для бетона с гравием $R_{28} = 0,50 R_u \left(\frac{Ц}{B} - 0,50\right)$.

В этой формуле взято не водо-цементное отношение $\frac{B}{Ц}$, а обратное ему цементно-водное $\frac{Ц}{B}$.

Как показывают опыты, цемент в зависимости от качества и срока твердения химически присоединяет воды всего 10—20% своего веса. С повышением марки цемента и увеличением срока твердения количество химически связанной воды в бетоне увеличивается. Не вся масса цемента и не сразу вступает в реакцию с водой, так как реакция начинается с поверхности цементных зерен и только постепенно проникает в глубь зерен.

При изготовлении бетона принимают водо-цементное отношение не 0,1—0,2, а значительно больше (0,5—0,7).

Большее количество воды нужно для придания бетонной смеси подвижности. Избыточная вода остается в бетоне в виде водяных пор или испаряется, оставляя воздушные поры. В обоих случаях цементный камень в бетоне ослабляется, поперечное сечение тела камня, противостоящее нагрузке, уменьшается, а вокруг пор концентрируются местные напряжения. Поэтому прочность бетона будет тем меньше, чем больше пористость цементного камня, т. е. чем больше было взято воды по отношению к весу цемента в свежизготовленной бетонной смеси и чем меньше воды связалось химически в процессе твердения бетона.

Прочность жесткого бетона зависит также от трамбования. При сильном уплотнении прочность бетона повышается.

Твердение бетона происходит постепенно, причем в первые 7—14 дней после изготовления прочность бетона на обыкновенном цементе нарастает быстро, в дальнейшем, особенно после 28 дней, это нарастание замедляется. Для бетона, изготовленного на цементе средней активности, твердеющем в теплой и влажной среде, нарастание прочности приведено в табл. 15.

15. Нарастание прочности бетона

Возраст бетона	Относительный предел прочности при сжатии (при $R_{28} = 1$)
7 дней	0,60—0,75
28 "	1,00
90 "	1,25
180 "	1,50
1 год	1,75

При пониженной температуре твердения прочность бетона нарастает медленнее, чем при нормальной. При температуре

бетона ниже 0°C твердение практически прекращается. Бетон, начавший твердеть, а затем замерзший, после оттаивания продолжает твердеть в теплой среде, причем, если он не был поврежден действием замерзающей воды в самом начале твердения, прочность его нарастает.

При повышенных температурах бетон твердеет быстрее, чем при нормальной, особенно в условиях влажной среды. Так как при высоких температурах бетон трудно предохранить от быстрого высыхания, то нагревать его выше 85°C нельзя.

Прочность бетона, твердевшего при различных температурах в течение любого срока, может быть приблизительно определена по проектной прочности бетона R_{28} , твердеющего 28 дней при нормальной температуре, умноженной на коэффициенты, приведенные в табл. 16.

16. Относительная прочность бетона в разные сроки твердения при различных средних температурах (портландцемент средней марки)

Срок твердения бетона в днях	Относительная прочность бетона при средней температуре твердения в $^{\circ}\text{C}$ (за единицу принята прочность 28-дневного бетона, твердеющего при 15°C)				
	5	10	15	25	35
3	0,15	0,20	0,30	0,37	0,45
5	0,25	0,32	0,45	0,54	0,60
7	0,35	0,44	0,60	0,70	0,72
10	0,45	0,52	0,70	0,77	0,77
15	0,55	0,65	0,80	0,85	0,85
28	0,80	0,92	1,00	1,05	—

Рекомендуемые марки цемента для тяжелого бетона принимаются по табл. 17.

17. Марки цемента для тяжелого бетона

Марки бетона	50	75	100	150	200	300	400
Рекомендуемые марки цемента: от до	100 200	150 250	200 300	250 400	400 500	500 600	600 —

Добавки, повышающие стойкость бетона в водной среде

К активным добавкам, повышающим стойкость бетона в водной среде, относятся трассы, пемзы, вулканические туфы, диатомиты, трепелы, опоки, кислые и основные гранулированные доменные шлаки, кислые золы, цемянки.

Бутовый камень

Бутовый камень применяется для бутобетонной кладки фундаментов.

В качестве бутового камня применяют дешевый местный камень любых пород, обладающий прочностью не ниже 100 кг/см^2 и погодостойкостью, преимущественно известняки, реже песчаники или изгерженные породы, а также колотый валунный камень. Хороший бут при прсбе молотком дает звонкий звук; глухой звук в плотных камнях получается при наличии в них глинистых и землистых примесей, а также трещин.

По форме бутовый камень делится на два сорта: 1-го сорта — бут постелистый, плитняковый и пиленный, 2-го сорта — бут рваный.

Кирпич строительный обыкновенный

Основное назначение кирпича — изготовление наружных и внутренних стен

18. Показатели прочности кирпича строительного обыкновенного (глиняного обожженного)

Вид кирпича	Марка кирпича	Предел прочности в кг/см^2 не менее			
		при сжатии		при изгибе	
		средний для пяти образцов	наименьший для отдельных образцов	средний для пяти образцов	наименьший для отдельных образцов
Кирпич глиняный обожженный пластического и полусухого прессования	150	150	100	28 (20)	14 (10)
	100	100	75	22 (16)	11 (8)
	75	75	50	18 (12)	9 (6)
	50	50	35	16	8
Примечание. Цифры, приведенные в скобках, относятся к кирпичу полусухого прессования.					

жилых, общественных и промышленных зданий всех классов. Допускаемое применение — для фундаментов и цоколей зданий. По способу изготовления кирпич делится на глиняный пластического формования и глиняный полусухого прессования (ГОСТ 530-54).

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ФУНДАМЕНТОВ

Подготовительные работы

Водоотлив. Из котлованов воду откачивают насосами. Для этого в пониженном месте котлована устраивают водосборный приемок, стенки которого в целях предохранения от размыва укрепляют дощатыми щитами. При слабых грунтах во избежание их вымывания при интенсивной откачке водосборный приемок следует устраивать вне котлована.

Мощность насоса выбирается с расчетом откачки из котлована всей прибывающей воды с двукратным запасом на случай выхода насоса из строя. Расход воды можно определить пробной откачкой насосом до установления постоянного уровня воды в котловане.

Для приближенных расчетов принимают, что на 1 м^2 площади основания котлована приток воды в час составляет при мелкозернистых песках $0,16 \text{ м}^3$, среднезернистых $0,24 \text{ м}^3$, крупнозернистых $0,3—0,35 \text{ м}^3$, в трещиноватой скале $0,15—0,25 \text{ м}^3$.

Рытье котлованов малой глубины в грунтах естественной влажности и при отсутствии грунтовых вод может осуществляться с вертикальными стенками без крепления:

- а) в насыпных, песчаных и гравелистых грунтах — на глубину не более 1 м ;
- б) в супесчаных и суглинистых грунтах — на глубину не более $1,25 \text{ м}$;

в) в глинистых грунтах — на глубину не более $1,5 \text{ м}$;

г) в особо плотных грунтах, требующих для разработки применения ломов, кирок и клинцев, — на глубину не более 2 м .

В непосредственной близости от существующих линий подземного хозяйства земляные работы должны производиться под наблюдением производителя работ или мастера, а в непосредственной близости от кабелей, находящихся под напряжением, кроме того, под наблюдением работников электрохозяйства.

При приближении к линиям действующих подземных коммуникаций (электрокабелей, напорных трубопроводов, газопроводов и др.) пользование ударными инструментами (ломами, кирками, клиньями и т. п.) должно быть запрещено. Разработка грунта вблизи электрокабелей, находящихся под напряжением, допускается только при помощи землекопов лопат без резких ударов.

Грунт, выброшенный из котлована, следует размещать на расстоянии не менее $0,5 \text{ м}$ от бровки. Для выемок с откосами, крутизна которых превышает угол естественного откоса данного грунта, предельное расстояние выброшенного грунта от бровок надлежит заранее уточнять расчетом. До начала разработки выемок должны быть осуществлены мероприятия по отводу поверхностных вод от мест расположения выемок.

В зоне воздействия на грунт вибрирующих установок должны быть приняты меры против его обрушения в откосах выемок.

Крутизна откосов котлованов, разрабатываемых без креплений на глубину, превышающую размеры, указанные выше в пп. а—г, в грунтах естественной влажности и при отсутствии грунтовых вод должна назначаться в соответствии с табл. 19.

19. Наибольшая допускаемая крутизна откосов котлованов в грунтах естественной влажности

Род грунта	При глубине выемок			
	до 3 м		св. 3 м	
	Угол между направлением откоса и горизонтом в град.	Отношение высоты откоса к его заложению	Угол между направлением откоса и горизонтом в град.	Отношение высоты откоса к его заложению
Насыпной грунт, песок, гравий . .	39	1 : 1,25	34	1 : 1,5
Супески	56	1 : 0,67	45	1 : 1,0
Суглинки	56	1 : 0,67	53	1 : 0,75
Глины	63	1 : 0,50	56	1 : 0,67
Лёсс сухой	63	1 : 0,50	53	1 : 0,75

20. Крепление стенок котлованов

Грунты	Виды креплений
Нормальной влажности за исключением сыпучих	Горизонтальное крепление с прозорами через одну доску
Повышенной влажности и сыпучие	Сплошное вертикальное или горизонтальное крепление
Всех видов при сильном притоке грунтовых вод	Шпунтовое ограждение в пределах горизонта грунтовых вод с забивкой на глубину не менее 0,75 м, в водонепроницаемый грунт
Примечание. Для выемок глубиной более 3 м крепления следует осуществлять по индивидуальным проектам со статическими расчетами прочности.	

Переувлажненные песчаные, супесчаные и лёссовые грунты разрабатывать без креплений Правилами техники безопасности для строительно-монтажных работ [20] запрещается.

Крепление вертикальных стенок котлованов глубиной до 3 м следует производить в соответствии с требованиями, приведенными в табл. 20.

При отсутствии инвентарных крепежных деталей для крепления котлованов глубиной до 3 м необходимо соблюдать следующие требования:

а) применять для креплений доски толщиной не менее 5 см, укладывая их за вертикальные стойки вплотную к грунту с укреплением распорками или анкерными оттяжками;

б) устанавливать стойки креплений не реже чем через 1,5 м;

в) размещать распорки креплений на расстоянии одна от другой по вертикали не более 1 м;

г) выпускать верхние доски креплений над верхними бровками выемок не менее чем на 15 см;

д) усиливать крепления (распорки), на которые опираются полки, служащие для переброски грунта, и ограждать эти полки бортовыми досками высотой не менее 15 см.

В зимнее время отрывка грунта, за исключением сухого песчаного, на глубину промерзания допускается без креплений. При дальнейшем углублении должны устанавливаться крепления. За состоянием закрепленной части выемки должно быть установлено постоянное наблюдение. Разработку сухих песчаных грунтов, независимо от их промерзания, следует производить с креплениями или откосами.

Разборку креплений котлованов следует производить снизу по мере обратной засыпки грунта или возведения фунда-

ментов. Количество одновременно удаляемых досок по высоте не должно превышать трех, а в сыпучих или неустойчивых грунтах — одной. При удалении досок следует соответственно переставлять распорки, причем существующие распорки можно вынимать лишь после установки новых. Разборка креплений должна производиться в присутствии производителя работ или мастера.

В местах, где разборка креплений может вызвать повреждение смежных сооружений, а также в грунтах, насыщенных водой (пльвунах), крепления следует частично или полностью оставлять в грунте.

Изготовление кирпичных фундаментов

Для кирпичных фундаментов под машины применяется кирпич марки не ниже 100, на цементном растворе марки не ниже 50. Марка раствора соответствует его пределу прочности при сжатии в кг/см^2 .

Кирпичная кладка допускается только для фундаментов, находящихся выше уровня грунтовых вод, так как под действием воды прочность этой кладки значительно снижается.

Заливка анкерных гнезд производится раствором марки 75—100.

21. Примерный расход материала на 1 м³ цементного раствора для кладки фундаментов

Марка		Цемент в кг	Песок в м ³	Вода в л
раствора	цемента			
100	300	475	1,05	300
50	300	240	1,05	300
	200	350	1,05	300

Изготовление бетонных фундаментов

Опалубка. Конструкция опалубки должна обеспечивать простоту сборки и сохранность элементов опалубки.

Опалубка должна устраиваться тщательно, гарантируя от просадки и прогибов при бетонировании.

Непосредственно перед бетонированием опалубка должна быть очищена от щепы и грязи. Щели в опалубке должны быть заделаны.

Поверхность деревянной опалубки, прилегающей к бетону, должна быть увлажнена.

Боковые элементы опалубки, допускается удалять лишь после того, как бетон отвердеет настолько, что его поверхность и кромки углов не будут подвергаться повреждению при снятии опалубки.

В случае закладки в фундаменте деревянных пробок для устройства колодцев под анкерные болты возникают трудности при выемке их после бетонирования. Для извлечения пробок часто приходится их расщеплять, выламывать, а иногда даже выжигать. Поэтому рекомендуется делать прямоугольные пробки разборными в виде коробок из досок или из фанеры с раскреплением их досками.

По окончании бетонирования доски, крепящие фанерные стенки, выбиваются, и фанерные стенки извлекаются из колодцев.

Арматура. Для изготовления арматуры железобетонных конструкций применяют прокатную сталь марок Ст. 0, Ст. 3 и холоднокатаную проволоку.

Сталь, применяемая для изготовления арматуры, должна иметь чистую поверхность. Окалина, ржавчина, отлетающая от удара, и грязь должны быть удалены проволочными щетками перед укладкой арматуры.

Стыкование стержней арматуры при недостаточной длине их производят одним из следующих способов:

а) контактной стыковой сваркой в торец либо дуговой сваркой внахлестку или с накладками;

б) внахлестку при помощи вязальной проволоки.

Стыкование внахлестку вязальной проволокой в элементах конструкций, работающих на растяжение, а также стержней диаметром более 25 мм для прочих элементов конструкций не допускается.

Сварка стержней крученой и витой арматуры не допускается.

Стыки стержней арматуры следует располагать вразбежку, причем в растянутой зоне площадь стержней, стыкуемых в одном сечении, должна быть не более 25% общей площади арматуры.

Длина стыков арматурных стержней из круглой стали при сварке внахлестку или с накладками должна быть не менее восьми диаметров стыкуемых стержней.

Сварные сетки стыкуют внахлестку в рабочем направлении с перепуском на длину не менее двух ячеек плюс 50 мм, причем полная длина стыка должна быть не менее 250 мм и не менее 30 диаметров рабочих стержней. В нерабочем направлении сетки стыкуют внахлестку с перепуском на 50 мм при диаметре рабочей арматуры до 10 мм и на 100 мм при диаметре более 10 мм.

Приготовление бетона. Состав бетонной смеси должна устанавливать лаборатория на основании предварительного подбора состава бетона.

Дозирование материалов для приготовления бетона производят:

а) цемента и активных добавок в сухом виде — по весу с точностью 2%;

б) заполнителей — по весу или по объему с точностью 5%;

22. Сроки снятия вертикальных элементов опалубки в сутках

Марка бетона	Род и марка цемента	При среднесуточных температурах в °C					
		5	10	15	20	25	30
100	Портландцемент марок 250 и выше Шлакопортландцемент с гидравлической добавкой марок 250 и выше	5	4	3	2	1,5	1
		8	6	4,5	3,5	2,5	2
150	Портландцемент марок 300 и выше Шлакопортландцемент или портландцемент с гидравлической добавкой марок 250 и выше	4,5	3	2,5	2	1,5	1
		6	4,5	3,5	2,5	2	1,5
200 и выше	Портландцемент марок 400 и выше	3	2,5	2	1,5	1	1

в) воды и добавок в мокром виде, а также водного раствора хлористого кальция — по весу или по объему с точностью 2%.

Бетон после перемешивания должен иметь заданную подвижность в миллиметрах осадки конуса в зависимости от вида бетонизируемой конструкции и способа укладки.

Для приготовления бетонной смеси применяют водопроводную питьевую, а также любую воду, имеющую водородный пока-

затель pH не менее 4, т. е. не кислую, не окрашивающую лакмусовую бумагу в красный цвет и не содержащую сульфатов более 2700 мг/л в пересчете на SO_4 и всех солей более 5000 мг/л.

Сточные воды, содержащие жиры, растительные масла, кислоты и т. д., нельзя использовать для затворения бетона.

Для поливки бетона следует применять воду такого же качества, что и для приготовления бетонной смеси.

23. Консистенция бетонной смеси для фундаментов оборудования

Вид конструкции	Способ укладки бетона			
	ручной	с вибрацией		с вакуумобработкой
	Осадка конуса в мм	Осадка конуса в мм	Показатель удобоукладываемости в сек.	Осадка конуса в мм
Подготовки под фундаменты . . .	20—40	10—20	35—25	20—30
Массивные неармированные фундаменты	30—50	20—40	25—15	30—60
Густоармированные фундаменты	60—120	40—60	15—12	60—80

24. Примерный расход материалов на 1 м³ бетона

Наименование материалов	Марка бетона					Наименование материалов	Марка бетона				
	50—75	100	150	200	300		50—75	100	150	200	300
Обыкновенный (тяжелый) бетон на гравии						Обыкновенный (тяжелый) бетон на щебне					
Цемент в т марки:						Цемент в т марки:					
250	0,19	—	—	—	—	250	0,20	—	—	—	—
300	—	0,22	0,23	—	—	300	—	0,23	0,27	—	—
400	—	—	—	0,28	—	400	—	—	—	0,30	—
500	—	—	—	—	0,34	500	—	—	—	—	0,36
Гравий в м³	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	Щебень в м³	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86
Песок в м³	0,53	0,51	0,49	0,47	0,43	Песок в м³	0,53	0,51	0,49	0,47	0,43
Вода в м³	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	Вода в м³	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23

25. Рекомендуемые типы вибраторов для уплотнения бетона

Наименование конструктивных элементов	Рекомендуемые типы вибраторов
Массивы и фундаменты: неармированные и с редкой арматурой	Вибраторы типов И-50, И-18 с булавой или И-22
с густой арматурой	Вибратор типа И-18 со стержнем или глубинный вибратор типа И-21
Фундаментные плиты толщиной до 250 мм с одиночной арматурой	Поверхностный вибратор типа И-7
То же с двойной арматурой или толщиной более 250 мм	Внутренние вибраторы типа И-18 или И-21 в зависимости от степени насыщенности арматурой
Верхняя поверхность фундаментов (выравнивание и уплотнение)	Виброрейка И-23 или поверхностный вибратор типа И-7
Подстилающий слой (подготовка)	Виброрейка типа И-23, передвигаемая по малярным доскам
То же в помещениях площадью менее 100 м²	Поверхностный вибратор типа И-7

Укладка бетона. Перед укладкой бетона необходимо:

а) проверить правильность и надежность крепления элементов опалубки, пробок для образования отверстий, а также установленной арматуры;

б) очистить арматуру от грязи, налипших кусков раствора и т. п.;

в) очистить опалубку от мусора и промыть ее под напором водой;

г) заделать в опалубке щели размером более 3 мм;

д) при укладке бетонных оснований на грунт должны быть удалены все илстые, растительные, торфянистые и другие грунты, содержащие органические вещества; сухой несвязный грунт основания следует слегка увлажнить поливкой, переборы грунта ниже проектной отметки следует заполнить песком с тщательным уплотнением.

Бетон следует уплотнять с применением вибраторов. Уплотнение вручную может быть допущено при объеме бетонных работ не более 10 м³. Уплотнение вручную жесткого бетона с осадкой конуса до 30 мм в железобетонных конструкциях запрещается.

Продолжительность вибрирования следует определять в зависимости от подвижности бетона (осадки конуса), вида цемента и крупности заполнителей. Основными признаками достаточного уплотнения бетона являются прекращение оседания бетона и появление на его поверхности влаги.

В процессе вибрирования необходимо соблюдать следующие правила:

а) вибратор должен обслуживать один рабочий;

б) вибростержень надлежит погружать в бетон на всю высоту рабочей части,

опускать и вытаскивать вибростержень следует плавно, без рывков;

в) вибростержень следует устанавливать на расстоянии не менее 100—120 мм от стенок опалубки;

г) вибростержень следует вынимать из бетона только при включенном двигателе;

д) вибратор с гибким стержнем следует держать в руке только за гибкий вал; необходимо обеспечить такую установку электродвигателя, при которой гибкий вал имеет наименьшее количество перегибов.

Уплотнение бетона поверхностными вибраторами И-7 и И-23 следует вести непрерывными полосами с перекрытием смежных позиций на 50 мм.

Уплотнение бетона вручную следует производить с соблюдением следующих правил:

а) укладку бетона с осадкой конуса до 30 мм в несармированные конструкции следует производить с уплотнением трамбовками весом 15—20 кг, а в местах примыкания бетона к стенкам опалубки необходимо дополнительное уплотнение бетона трамбовочной лопаткой;

б) укладку бетона с осадкой конуса более 30 мм следует производить штыкованием шуровками до появления на поверхности бетона цементного молока; в местах примыкания бетона к стенкам опалубки необходимо дополнительное уплотнение трамбовочной лопаткой и ударами деревянного молотка весом 2—3 кг по боковой поверхности опалубки.

Перед возобновлением бетонирования поверхность рабочих швов необходимо обрабатывать следующим образом: убрать мусор с поверхности бетона, удалить цементную пленку, очистить арматуру от налипшего раствора или ржавчины, промыть поверхность водой.

26. Характеристики вибраторов [5]

Показатели	Внутренние глубинные вибраторы				Поверхностный вибратор И-7	Виброрейка И-23
	И-18	И-22	И-50	с гибким валом И-21		
Число колебаний в минуту	2850	2750	5200	6950	2800	3420—4030
Продолжительность вибрирования на одном месте в сек.	30—60	30—60	30	20—40	20—40	—
Производительность в м ³ /час:						
с вибробулавой	6	9	—	—	—	—
с вибростержнем	3	—	—	2—12	7—15	—

27. Толщина укладываемых слоев бетона [5]

Способ укладки бетона	Толщина слоя в мм не более
Внутреннее вибрирование	1,25 длины рабочей части вибратора
Поверхностное вибрирование:	
неармированных конструкций с одиночной арматурой	250
конструкций с двойной арматурой	120
Трамбование вручную неармированных конструкций	200
Штыкование вручную редко армированных конструкций	300
Штыкование вручную густо армированных конструкций	150

28. Устройство рабочих швов при перерывах в укладке бетона [5]

Наименование конструктивных элементов	Указания по устройству рабочих швов
Фундаменты:	
рассчитанные на статическую нагрузку	Допускается бетонировать с перерывами
рассчитанные на динамическую нагрузку	Надлежит бетонировать без перерывов; расположение и конструкция рабочих швов должны быть предусмотрены проектом
Подстилающий слой (подготовка)	Устраивают продольные деформационные швы и поперечные полушвы, которые разбивают полосу бетонирования на отдельные плиты размерами от 6×9 до 6×12 м
Плоские плиты	Рабочие швы допускается устраивать в любом месте, но по направлению меньшего пролета

Бетон, подаваемый в конструкцию с высоты, следует укладывать с соблюдением следующих требований:

а) высота свободного сбрасывания бетона в опалубку не должна превышать 2 м;

б) при высоте до 3 м бетон подавать через наклонные лотки и желобы с козырьками на конце, обеспечивающими вертикальное падение бетонной смеси; при высоте более 3 м — через вертикальные или слегка наклонные трубы-хоботы.

Отклонения в толщине защитного слоя в фундаментных плитах допускаются в пределах ± 10 мм. Отклонения плоскостей и линий пересечений от вертикали на всю высоту фундаментов не более 20 мм.

Укладка бетона должна производиться горизонтальными слоями без перерыва в работе. При вынужденном перерыве работ пужно принять следующие меры, обеспечивающие монолитность фундамента:

а) по сечениям фундамента в местах, где прервано бетонирование, закладывают стержни-коротыши диаметром 10—20 мм, которые заделываются на глубину 200—300 мм в каждую сторону от поверхности, по которой сделан перерыв в работе; стержни устанавливаются в массивных частях фундамента на расстоянии не более 500 мм друг от друга;

б) поверхность бетона в местах стыков делают шероховатой;

в) при возобновлении работ перед укладкой нового бетона поверхность ранее уложенного бетона тщательно очищают, промывают струей воды и покрывают жирным цементным раствором состава 1 : 2, 1 : 2,5, толщиной 10—20 мм; укладку бетона начинают не позднее чем через 2 часа после нанесения раствора на поверхность.

Способы ускорения подготовки фундамента под монтаж оборудования.

В тех случаях, когда требуется ускорить пуск оборудования, рекомендуется применять глиноземистый цемент, прочность которого за сутки достигает 80% проектной, и укладывать бетонную смесь с максимально допустимой температурой.

Ускорение твердения бетона может быть достигнуто также за счет температурной обработки. Для получения бетона прочностью 70% проектной пужно дать 2000 градусочасов при температуре 50—60° С.

Монтаж оборудования может быть допущен при прочности бетона не ниже 50% проектной прочности.

К моменту пуска в работу станков со средней нагрузкой и тяжело нагруженных прочность бетона должна быть не менее 70% проектной.

Уход за бетоном. Открытые поверхности свежеуложенного бетона должны быть не позднее чем через 2 часа после укладки покрыты хорошо увлажненной мешковиной, рожами и т. п. на срок не менее 2 суток.

Бетон на портландцементе следует поливать в течение не менее 7 суток, на глиноземистом цементе не менее 3 суток, а бетоны на прочих цементах не менее 14 суток. В сухую и жаркую погоду продолжительность поливки должна быть увеличена.

Бетон необходимо поливать через промежуток времени, устанавливаемые лабораторией в зависимости от местных климатических условий. При температуре $+15^{\circ}\text{C}$ и выше поливку бетона в первые 3—4 суток надлежит повторять не менее 4 раз в сутки. При температуре, близкой к 0°C , бетон поливать не следует.

Одновременно с поливкой открытых поверхностей бетона надо увлажнять опалубку.

Контроль качества бетона. Контроль качества бетонной смеси должен производиться систематически в процессе ее приготовления и укладки путем проверки дозировки смеси и подвижности бетонной смеси у места приготовления и у места укладки не реже 2 раз в смену.

Контроль прочности уложенного бетона осуществляется путем испытаний серий образцов, хранившихся в условиях твердения бетона. При проверке прочности обязательно испытание бетона на сжатие; на изгиб бетон испытывается при наличии требований, оговоренных в проекте.

Количество подлежащих испытанию серий образцов бетона каждой марки должно назначаться из расчета одной серии (три образца-близнеца) на следующие объемы работ: для массивных фундаментов под оборудование объемом более 100 м^3 — на каждые 100 м^3 уложенного бетона, но не менее одной серии на каждый блок, а при объеме менее 100 м^3 — не менее одной серии на каждый фундамент (под блоком понимается конструкция, часть конструкции или группа конструктивных элементов, бетонируемых без перерыва).

Механическая прочность бетона (или марка бетона) определяется испытанием бетонных кубов с ребрами $200 \pm 5\text{ мм}$, изготавливаемых в металлических или дереометаллических разъемных формах.

Формы с уложенным в них бетоном покрывают мокрой рогожей, брезентом или тряпкой, посыпают слоем мокрого песка или мокрых опилок и хранят в таком виде двое суток в помещении при температуре $15\text{--}25^{\circ}\text{C}$. Затем бетонные кубы

распалубливают, маркируют и хранят до момента испытания при указанной температуре в специальных камерах, где поддерживается относительная влажность 90—100%, либо в мокром песке или мокрых опилках.

Извлеченные из влажной среды бетонные кубы должны быть испытаны по возможности без промедления. Если испытание кубов производится не на месте их изготовления, то они должны быть доставлены в испытательную лабораторию в мокром песке или мокрых опилках, желательно в таре.

Предел прочности при сжатии (марка) каждого куба вычисляется по формуле

$$R_{сж} = \frac{P}{F} \text{ кг/см}^2,$$

где P — разрушающая нагрузка, в кг; F — расчетная площадь сечения куба в см^2 .

Предел прочности бетона при сжатии вычисляется для каждой серии с точностью до 1 кг/см^2 как среднее арифметическое результатов испытаний трех образцов.

Прочность бетона считается достаточной, если результаты испытаний дали среднее значение прочности не ниже величины заданной марки бетона.

Ускоренное определение прочности бетона, основанное на прсикновении шарика в бетон под действием удара, может быть произведено при помощи шарикового молотка конструкции И. А. Физделя.

Прочность бетона по этому способу определяется ориентировочно путем сравнения величин диаметров лунок, образованных в испытуемом бетоне шариковым молотком, с данными о размерах диаметров лунок по заранее составленным графикам или таблицам на основании экспериментального определения прочности бетона испытанием на прессе и шариковым молотком.

При известном навыке прочность бетона приблизительно можно определять по звуку и ударами (табл. 29).

29. Определение прочности бетона по звуку и следам ударов

Предел прочности при сжатии в кг/см^2	Звук	Опробование поверхности бетона	
		молотком	острым зубилом
150	Звонкий	Почти не остается следов удара	При легком штриховании дает слабый след
75—100	Глуховатый	Остаются вмятины от удара	Штрихуется на глубину 1—1,5 мм
35—50	Мягкий	При ударе получают вмятины с осыпающимися краями	Режется и осыпается

Изготовление бетонных фундаментов в зимнее время. Бетон следует предохранять от замерзания до приобретения им 50% проектной прочности обычно в течение 3—5 суток после изготовления.

Даже при применении быстротвердеющих цементов (глиноземистого, высокопрочного портландцемента) срок твердения бетона в теплой среде должен быть не меньше 2—3 суток. Замерзание бетона в первые дни влечет за собой значительное понижение его прочности после оттаивания. Это объясняется тем, что свежий бетон насыщен водой, которая при замерзании расширяется и разрывает связь между поверхностью заполнителей и цементным камнем. Поэтому зимой необходимо обеспечить твердение бетона в теплой и влажной среде в течение срока, устанавливаемого в зависимости от заданной прочности. Это достигается использованием внутреннего тепла бетона, а если внутреннего тепла недостаточно, дополнительной подачей тепла извне.

При использовании внутреннего тепла бетона необходимо применять высокопрочные и быстротвердеющие цементы, прежде всего портландцемент высоких марок и глиноземистый цемент. В качестве ускорителя твердения бетона на пуццолановых и медленно твердеющих портландцементных и шлакопортландцементных целесообразно применять хлористый кальций в количестве не более 3% от веса цемента (в расчете на безводную соль). Следует, кроме того, выбирать пониженное водо-цементное отношение в бетонной смеси и уплотнять ее высокочастотными вибраторами.

Внутренний запас тепла в бетоне создают, подогревая материалы, составляющие бетонную смесь. Кроме того, тепло выделяется при химической реакции, происходящей между цементом и водой (экзотермия цемента).

В зависимости от массивности конструкций и температуры наружного воздуха подогревают либо только воду для бетона, либо воду и заполнители (песок, гравий и щебень). Воду можно подогревать до 80°С, заполнители до 40°С. Требуется, чтобы бетонная смесь при выходе из бетономешалки имела температуру не выше 40°С, так как при более высокой температуре она быстро густеет. Загустевание (потеря подвижности бетонной смеси) затрудняет укладку, добавляя же воду нельзя, так как это понижает прочность бетона. Минимальная температура бетон-

ной смеси при укладке бетона должна быть не ниже +5°С (лучше +10°С).

В процессе твердения бетона цемент выделяет тепло, количество которого зависит от состава и качества цемента, температуры бетона и срока твердения. Это тепло выделяется главным образом в первые 3—5 дней твердения. 1 кг портландцемента марки 300 выделяет в бетоне за 7 суток с момента затворения цемента водой около 30 ккал тепла, а цемент марки 500 около 50 ккал.

Чтобы сохранить тепло в бетоне в течение определенного срока, необходимо покрыть опалубку и все открытые части бетона хорошей изоляцией (опилками, шлаком и т. п.), толщина которой определяется теплотехническим расчетом.

Указанный способ зимнего бетонирования, называемый способом термоса, так как подогретая бетонная смесь твердеет в условиях термозоляции, рационально применять, если тепло сохраняется в бетоне не менее 5—7 дней, необходимых для его первоначального твердения. Это возможно только при массивных или тщательно изолированных средних по толщине конструкциях, имеющих отношение охлаждающей поверхности бетона к его объему не более 6.

Все конструкции более тонкие или со слабой теплоизоляцией, а также возводимые при очень сильных морозах должны бетонироваться с подачей тепла извне.

При небольших объемах бетонирования и очень низких температурах применяется обогрев воздуха, окружающего бетон. Для этого устраивается фанерный или брезентовый тепляк, в котором устанавливают временные печи, жаровни, воздушное отопление (калориферы) или электрические отражательные печи. В тепляке ставят сосуды с водой, чтобы создать влажную среду, или поливают бетон.

Применяются также обогрев бетона паром и периферийный электропрогрев (прогрев поверхностного слоя бетона).

Пар подают в замкнутое пространство, устраиваемое вокруг уложенного бетона.

Электропрогрев производится обычно путем пропускания электрического тока непосредственно через свежесложенный бетон. Электрические провода присоединяют к электродам (металлическим стержням или пластинкам, нагревательным панелям), соприкасающимся с бетоном.

Уход за бетоном зимой состоит в наблюдении за его температурой и принятии

30. Способы производства бетонных работ в зимнее время

Наименование конструкции	Способ производства работ
<p>Массивные фундаменты под тяжелое оборудование с модулем поверхности (т. е. отношением поверхности охлаждения в м^2 к ее объему в м^3) не менее 2</p> <p>Фундаменты под оборудование с модулем поверхности 4–6</p> <p>Массивные железобетонные ленточные фундаменты с модулем поверхности до 7</p>	<p>Способ термоса: при укладке бетона в распор с мерзлым грунтом наружные слои бетона прогревают электрическим током (периферийный электропрогрев). Отдельные выступающие части фундаментов также прогревают электрическим током или паром:</p> <p>а) Способ термоса;</p> <p>б) при малоактивных цементах следует добавлять ускорители твердения бетона (хлористый кальций и др.) либо дополнительно прогревать паром, электрическим током или горячим воздухом (периферийный обогрев)</p> <p>а) Способ термоса с применением быстротвердеющего цемента или добавки ускорителей твердения бетона;</p> <p>б) при больших морозах и недостаточной теплоизоляции дополнительный кратковременный прогрев электрическим током при помощи струнных и стержневых электродов или паром</p>

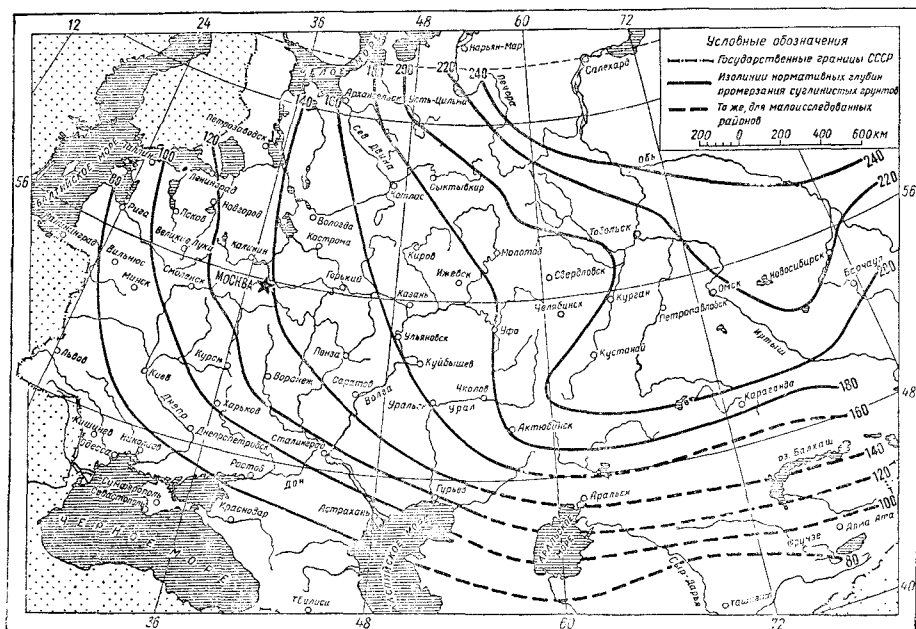
мер против его преждевременного остывания и замерзания.

Для наблюдения за температурой в бетоне оставляют скважины, в которые опускают термометры. Скважины закрывают плотными пробками.

Если свежесуложенный бетон все же случайно замерзнет, его нужно медленно отогреть, обильно поливая при этом водой.

При наращивании замерзших фундаментов или заделке анкерных болтов в промерзшие полости их предварительно разогревают паром, жаровнями, теплой водой и т. п.

Нельзя допускать укладки бетонов на глиноземистом цементе поверх обычного еще незатвердевшего портландцементного бетона, так как при этом получается сла-



Фиг. 1. Схематическая карта глубин промерзания грунта.

31. Глубина заложения фундаментов из условий возможности пучения грунтов при промерзании [2]

Вид грунта	Расстояние от поверхности планировки до уровня грунтовых вод в период промерзания грунтов	Глубина заложения фундаментов от поверхности планировки
<p>1. Скальные и крупнообломочные грунты, а также пески гравелистые и средней крупности</p> <p>2. Пески мелкие и пылеватые, а также супеси с природной влажностью, не превышающей влажности на границе раскатывания</p> <p>3. Пески мелкие и пылеватые и супеси независимо от влажности</p> <p>4. Супеси, природная влажность которых превышает влажность на границе раскатывания</p> <p>5. Суглинки и глины, природная влажность которых превышает влажность на границе раскатывания не более чем на 50% числа пластичности</p> <p>6. Суглинки и глины, природная влажность которых превышает влажность на границе раскатывания более чем на 50% и менее чем на 75% числа пластичности</p> <p>7. Суглинки и глины, природная влажность которых превышает влажность на границе раскатывания более чем на 75% числа пластичности</p> <p>8. Суглинки и глины независимо от влажности</p>	<p>Независимо от глубины залегания грунтовых вод</p> <p>Превышает расчетную глубину промерзания на 2 м и более</p> <p>Менее расчетной глубины промерзания или превышает ее менее чем на 2 м</p> <p>Независимо от глубины залегания грунтовых вод</p> <p>Превышает расчетную глубину промерзания на 2 м и более</p> <p>Превышает расчетную глубину промерзания на 2 м и более</p> <p>Независимо от глубины залегания грунтовых вод</p> <p>Менее расчетной глубины промерзания или превышает ее менее чем на 2 м</p>	<p>Не зависит от глубины промерзания</p> <p>Не зависит от глубины промерзания</p> <p>Не менее расчетной глубины промерзания</p> <p>Не менее расчетной глубины промерзания</p> <p>Не зависит от глубины промерзания</p> <p>При соответствующем экономическом обосновании может назначаться менее расчетной глубины промерзания при соблюдении требований, указанных в примечании пп. 1, 2</p> <p>Не менее расчетной глубины промерзания</p> <p>То же</p>
<p>П р и м е ч а н и я: 1. Грунты основания, перечисленные в пп. 2—8 данной таблицы, должны быть защищены от увлажнения поверхностными водами, а также и от промерзания их в период строительства.</p> <p>2. Способ защиты грунтов основания от промерзания принимается в зависимости от характера здания или сооружения и от местных условий строительства.</p> <p>3. Глубина заложения фундаментов внутренних стен и колонн отапливаемых зданий назначается без учета промерзания грунтов при условии выполнения указанных выше требований (пп 1 и 2) с начала строительства до ввода здания или сооружения в эксплуатацию.</p>		

бый шов за счет химических процессов и усадки. Нельзя также подвергать тепловой обработке бетон на глиноземистом цементе.

Оборудование устанавливается на прочных основаниях, поэтому замерзший грунт должен быть выбран или разогрет до полного оттаивания.

Тяжелые станки требуют глубоких фундаментов. Фундаменты для таких станков закладываются ниже глубины промерзания.

Глубина заложения фундаментов в связи с возможностью пучения грунтов при

промерзании зависит от вида грунтов, уровня стояния грунтовых вод и принимается не менее 0,5 м, а в ряде случаев превышает расчетную глубину промерзания.

Расчетная глубина промерзания для фундаментов под оборудование, находящееся на открытом воздухе, равна нормативной величине промерзания, которая может быть принята по схематической карте (фиг. 1).

Для супесей и мелких, пылеватых песков нормативная глубина промерзания принимается по карте с коэффициентом 1,2.

ФУНДАМЕНТЫ ДЛЯ МЕТАЛЛО-РЕЖУЩИХ СТАНКОВ

Устройство фундаментов. Основанием для фундаментов под станки, не чувствительные к неравномерным осадкам, может служить грунт с расчетным сопротивлением (допускаемым давлением) более 1 кг/см^2 .

В целях уменьшения высоты фундамента могут применяться песчаные подушки.

В зависимости от конструкции станков, требующей в той или иной мере увеличения жесткости и массы станины, станки могут устанавливаться на жестком подстилающем слое пола (бетонная подготовка) или на отдельно стоящих фундаментах, а именно:

а) станки весом до 8 т , кроме долбежных и поперечно-строгальных, чувствительных к вибрациям основания (например, координатно-расточные станки), допускается устанавливать на бетонном подстилающем слое пола цеха толщиной $15\text{--}20 \text{ см}$;

б) при установке станков на отдельно стоящих фундаментах высота бетонных фундаментов может приниматься согласно табл. 32.

32. Высота бетонных фундаментов под металлорежущие станки

Наименование станков	Высота фундамента в м
1. Токарные, автоматы и полуавтоматы, горизонтально-протяжные	$0,2 \sqrt{L}$
2. Зуборезные, карусельные, вертикальные полуавтоматы и автоматы, карусельно-фрезерные, фрезерные вертикальные и горизонтальные, расточные со столом	$0,6 \sqrt{L}$
3. Шлифовальные	$0,4 \sqrt{L}$
4. Продольно-строгальные, продольно-фрезерные, расточные на колонне	$0,3 \sqrt{L}$
5. Поперечно-строгальные, радиально-сверлильные, долбежные, вертикально-протяжные	$1,0\text{--}2,0$

Примечания: 1. L — длина фундамента в м. 2. Высота фундаментов для прецизионных станков принимается с коэффициентом 1,2; под легкие (весом до 4 т) фрезерные, зуборезные и сверлильные станки высота бетонного фундамента принимается 25 см .

Бетонные фундаменты под станки весом более 12 т , а также под станки с повышенными динамическими нагрузками (долбежные, поперечно-строгальные и т. п.) армируются сеткой с квадратными ячейками $15 \times 15 \text{ см}$ из круглой стали диаметром $6\text{--}8 \text{ мм}$, укладываемой под подошвой станины на расстоянии $20\text{--}30 \text{ мм}$ от верхней грани фундамента.

Фундаменты длиной более 5 м часто армируются двумя сетками с квадратными ячейками $15 \times 15 \text{ см}$, по верху и у подошвы фундамента; диаметр стержней верхней сетки $8\text{--}10 \text{ мм}$, нижней — $10\text{--}16 \text{ мм}$, а для крупных станков по расчету.

Фундаменты следует сооружать сплошными под всей площадью подошвы станины. Под вспомогательные приспособления станка, не связанные непосредственно с его конструкцией, фундаменты могут выполняться отдельными и не связываться с фундаментом станка (например, фундаменты под опоры для поддержки прутков в револьверных станках и для поддержки металла в калибровочных и протяжных станках).

Для длинных станин желательны подливка цементным раствором и крепление одного конца или середины станины к фундаменту с установкой остальной части на регулируемых башмаках.

Крупные станки с длинными станинами обычно не имеют необходимой жесткости станин (по высоте). Они часто состоят из нескольких составных частей, соединенных по плоскостям стыка значительным числом болтов, шпонок, штифтов, что не дает равнопрочных соединений. Это вынуждает устраивать для таких станков отдельные прочные и жесткие фундаменты, компенсирующие недостаточную жесткость станины.

Расстояние от грани колодцев для анкерных болтов до грани фундамента должно быть не менее 12 см , а расстояние от грани опор станины до грани фундамента — не менее 10 см .

При установке станков на бетонный подстилающий слой пола цеха и нагрузке от станков 5 т/м^2 и более бетонный подстилающий слой рекомендуется армировать двойной сеткой из стержней диаметром 10 мм с квадратными ячейками $15 \times 15 \text{ см}$. Толщина бетонного подстилающего слоя пола принимается в этом случае не менее 20 см .

Материалы для фундаментов под станки. Материалами для сооружения фундаментов под станки являются бетон, бутобетон и кирпич.

Для фундаментов под станки применяется бетон марки не ниже 75 и бутобетон из бутового камня марки не ниже 200 на бетоне марки 75, а для армированных фундаментов — бетон марки не ниже 100.

Кирпичные фундаменты могут быть применены для легких (весом до 4 т) станков. Высота кирпичных фундаментов должна быть не менее 0,5 м.

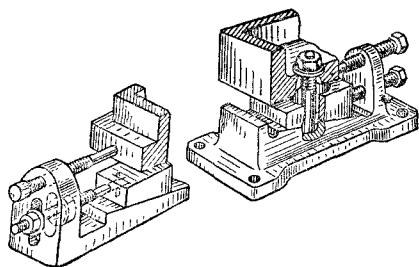
Бетонные фундаменты изготовляют из жесткого бетона со щебнем твердых каменных пород в качестве крупного заполнителя.

При заложении фундамента выше уровня грунтовых вод заполнителем может служить кирпичный щебень.

Количество бутового камня, добавляемого в бетон, не должно превышать 40% объема бетонного массива. Размеры камня должны быть не более 20—25 см. В фундаментах, имеющих много узких мест, затрудняющих укладку, количество камня уменьшают до 20—25%.

Для ленточных фундаментов целесообразно применение вязких бетонов, способных давать более значительные деформации без разрывов. Простейшей добавкой для получения вязкого бетона может служить обыкновенная глина при условии увеличения расхода цемента на 20%.

Установка станка на фундамент. При установке на фундамент станок должен быть выверен по уровню. Выверка станка производится с применением клиньев (фиг. 2). Легкие станки выверяют при по-



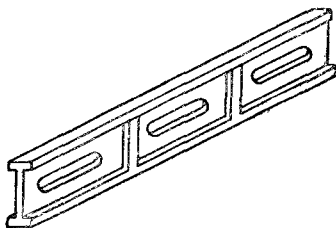
Фиг. 2. Приспособления для выверки станка в горизонтальной плоскости.

маках. При этом должна быть обеспечена удобная регулировка всех установочных клиньев для периодической выверки станка. Чтобы не препятствовать регулировке, станина не должна заливаться раствором.

Высокоточные станки с жесткой станиной, обеспечивающей восприятие всех нагрузок, возникающих при работе станка, должны быть установлены таким образом, чтобы все деформации от действия внешних сил (неравномерность осадки фундамента, периодические деформации основания от действия переменных нагрузок крановых устройств в цехе и т. д.) не передавались от фундамента к станине и не нарушали точности станка. С этой целью такие станки устанавливаются на три опорные точки.

Отдельные конструкции станков в самой станине имеют подъемные (установочные) винты.

Одной из разновидностей установки является установка станков с применением монтажных колодок (фиг. 3), рам и



Фиг. 3. Литая монтажная колодка

специальных плит (тяжелые станки). При монтаже на колодках для последующей регулировки служат тонкие пластинки, укладываемые между поверхностью станины и колодки.

Колодки устанавливаются на поверхность еще не достроенного фундамента и точно выверяются по уровню. Затем нижняя часть колодок (примерно на половину высоты) заливается бетоном. После закрепления колодок в схватившемся бетоне на них устанавливается станина.

Лаги (фиг. 4) и стелюги (фиг. 5) являются основным видом крепления станков на бетонных лентах толщиной 20—30 см, так как при такой толщине бетона трудно заделать анкерные болты.

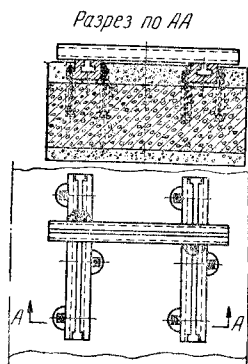
Крепление на лагах не обеспечивает жесткой посадки станка на фундамент,

мощи трех клиньев. Иногда вместо клиньев применяют набор плоских металлических пластин.

Станки для точных работ, имеющие значительные размеры и не обладающие достаточной жесткостью станин, устанавливают на регулируемых клиньях или баш-

поэтому данный метод может быть применен только для крепления легких токарных и револьверных станков.

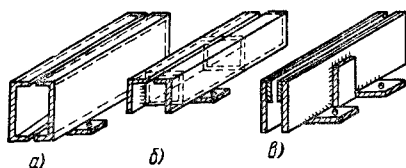
Для быстрой и правильной посадки тяжелых станков и оборудования на фундамент, а также и в тех случаях, когда



Фиг. 4. Литая лага.

оборудование состоит из нескольких частей, требующих точной установки одной части относительно другой, применяют закладные монтажные рамы из жестких профилей.

Для установки точных станков применяют фундаментные монтажные плиты. Между монтажными плитами и опорными



Фиг. 5. Сварные стелюги: а — из швеллеров; б — из уголков; в — из листа

плоскостями прецизионных станков вводят дополнительно подъемные винты или башмаки.

Минимальный зазор между поверхностью фундамента и опорами станка должен быть не менее 50—70 мм. Величина зазора зависит от ширины опорной площади станины. Чем она больше, тем больше должен быть зазор.

После выверки станка монтажный зазор должен быть забетонирован. Процесс бетонирования монтажных зазоров называется подливкой станины. Для подливки станины применяют пластичный бетон.

Марка бетона в подливке желательна не менее 100.

Когда для подливки оставляется зазор менее 50 мм, приходится применять растворы.

Обычно для подливки станков применяют малоусадочные растворы (состава 1 : 4 : 5) на цементах марки 400—500.

В тех случаях, когда необходимо почти полностью устранить усадку раствора или бетона, рекомендуется применять расширяющиеся цементы или расширяющую добавку в количестве 10% веса цемента. Состав добавки следующий: 100% шлако-глиноземистого цемента, 12—13% молотого ангидрида, проходящего через сито с 400 отверстиями на 1 см², 10% извести-пушонки.

При подливке станины вокруг опорной ее части делают деревянную рамку. Пространство, образованное рамкой, заполняют литым бетоном, подливают последний под подошву станка и образуют вокруг станины борт, препятствующий смещению станка.

Наиболее надежным способом закрепления станков является их крепление к фундаменту анкерными болтами.

Анкерные болты закладываются в заблаговременно оставленные отверстия (колонцы) — см. стр. 1024. Болты могут быть постоянными (глухими) и съемными (фиг. 6 и 7).

Фундаментные болты рассчитываются на растяжение с учетом предварительной затяжки, характеризующей коэффициентом 1,35 из уравнения

$$1,35P = \frac{\pi d_1^2}{4} \sigma.$$

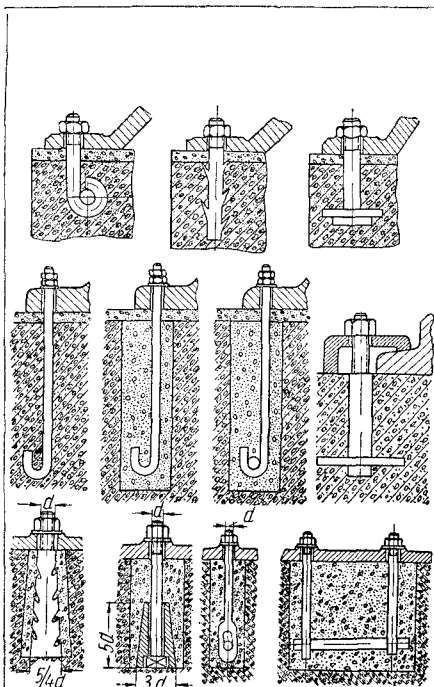
Внутренний диаметр резьбы болта d_1 определяется по формуле

$$d_1 = 1,31 \sqrt{\frac{P}{\sigma}} \text{ см},$$

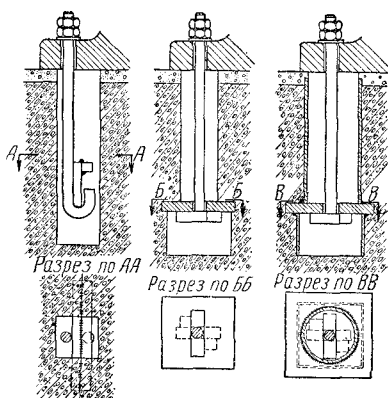
где P — полное усилие, растягивающее наиболее нагруженный болт, в кг; σ — допускаемое напряжение на растяжение материала болта в кг/см².

Во избежание деформации при затягивании болты диаметром менее 14 мм обычно не применяются.

Для соблюдения условия равнопрочности на разрыв и на выдергивание необходимо, чтобы болт с крюком на конце был заделан в бетон на глубину 15—20 диаметров (в зависимости от качества бетона).



Фиг. 6. Конструкции болтов, закладываемых в кладку фундаментов наглухо



Фиг. 7. Некоторые конструкции съемных фундаментных болтов.

К фундаментам и перекрытиям станины крепятся с учетом следующих требований:

станки, для которых по характеру обработки недопустима вибрация, необходимо обязательно крепить анкерными болтами;

станки с возвратно-поступательным движением должны быть закреплены болтами, если отношение веса станка к величине усилия, действующего на стол, для чистовых работ составляет не менее 6 и для грубых работ не менее 4—5.

Токарные станки крепятся болтами, если отношение веса станка к горизонтальной силе составляет при чистовой обработке менее 3 и при обдирке менее 2,5.

Сверлильные станки с массивными станинами могут не крепиться болтами.

ФУНДАМЕНТЫ ПОД МОЛОТЫ

Устройство фундаментов. Фундаменты под штамповочные молоты сооружаются в виде плиты, а под ковочные — в виде блока с выемкой для установки шабота.

Установка нескольких молотов на одной общей фундаментной плите Техническими условиями проектирования фундаментов под машины с динамическими нагрузками (СН-18-58) допускается лишь для мало-мощных молотов с весом падающих частей не более 1 т.

Толщины подшаботной части фундаментов для молотов должны быть не меньше величин, указанных в табл. 33.

33. Минимальная толщина подшаботной части бетонных фундаментов и дубовой прокладки под шаботы для молотов

Вес падающих частей в т	Толщина в м	
	подшаботной части фундамента	дубовой прокладки под шабот
До 1,0	1,0	0,2—0,4
2,0	1,25	0,5
3,0	1,5	0,6
4,0	1,75	0,8
6,0	2,25	1,2

Прокладка под шаботом (подшаботная подушка) устраивается из деревянных брусков, уложенных плашмя в один или несколько шитов. Толщина каждого шита 10—20 см. Болты, стягивающие бруска,

располагаются в щите через 0,5—1 м. При устройстве прокладок из нескольких щитов последние укладываются крест накрест.

Поверхность фундамента под деревянной прокладкой должна выравниваться по маякам до твердения бетона. Подливка раствора на отвердевшую поверхность фундамента не допускается.

Подшаботная часть фундамента армируется обычно двумя — четырьмя горизонтальными сетками (с квадратными ячейками 10 × 10 см) из стержней диаметром 10—12 мм. Верхняя сетка укладывается на расстоянии 2—3 см от поверхности подшаботной части фундамента. Расстояние между горизонтальными сетками 10—12 см.

По подошве фундамента укладывается сетка арматуры с квадратными ячейками 10—20 см из стержней диаметром 16—20 мм.

Для ковочных молотов часть фундамента под подошвой станины армируется сеткой с квадратными ячейками 15—25 см из стержней диаметром 12—16 мм.

Фундаменты под молоты с весом падающих частей более 3 т дополнительно армируются простраивенной сеткой из стержней диаметром 16—20 мм через 60 см.

Материалы для фундаментов под штамповочные и ковочные молоты. Под молоты с действительным весом падающих частей до 3 т применяется армированный бетон марки не ниже 100, а под молоты больше 3 т марки не ниже 150.

Для устройства подшаботных прокладок применяются брусцы из дуба.

Для молотов с весом падающих частей до 1 т. Техническими условиями проектирования фундаментов под машины с динамическими нагрузками (СН-18-58) разрешается подшаботную прокладку изготовлять при отсутствии дуба из лиственных или сосны.

Определение размеров фундаментов под молоты. Вес фундамента и площадь его подошвы подбираются таким образом, чтобы амплитуда колебаний не превосходила 0,8—1,2 мм.

Амплитуда вертикальных колебаний фундамента A_z определяется по приближенной формуле

$$A_z = 0,2 \frac{(1 + \epsilon) Q_0 v}{\sqrt{K_z Q}} \text{ м,}$$

где Q_0 — фактический вес падающих частей молота в т; Q — общий вес фун-

дамента, шабота, станины и засыпки над обрезам фундамента в т; K_z — коэффициент жесткости основания при упругом равномерном сжатии в т/м; ϵ — коэффициент восстановления удара, расчетное значение которого принимается для штамповочных молотов при штамповке стальных изделий $\epsilon = 0,5$, при штамповке изделий из цветного металла $\epsilon = 0$, для ковочных молотов $\epsilon = 0,25$; v — скорость падающих частей в начале удара в м/сек, величина которой для молотов свободно падающих (фрикционных и одностороннего действия) определяется по формуле

$$v = 0,90 \sqrt{2gh};$$

для молотов двойного действия пара или воздуха по формуле

$$v = 0,65 \sqrt{2g \frac{pf + Q_0}{Q_0} h}$$

где h — рабочая высота падения падающих частей молота в м; f — площадь поршня в м²; p — среднее давление пара или воздуха в т/м²; $g = 9,81$ м/сек².

Ориентировочная величина площади подошвы фундамента под молот F определяется по формуле

$$F \geq \frac{20(1 + \epsilon)}{R} v Q_0 \text{ м}^2,$$

где Q_0 — фактический вес падающих частей молота в т; v — скорость падающих частей молота в начале удара в м/сек; ϵ — коэффициент восстановления удара, R — расчетное сопротивление грунта основания (при действии только статической нагрузки) в т/м².

Ориентировочный вес фундамента под молот Q_ϕ , включая вес грунта, лежащего на его обрезках, определяется по формуле

$$Q_\phi = \left[8(1 + \epsilon) v - \frac{Q_1}{Q_0} \right] Q_0 \text{ т,}$$

где Q_1 — вес шабота и станины в т; Q_0 , v и ϵ — те же значения, что и в предыдущих формулах.

Выбор размеров амортизационной прокладки под шабот. Прокладка между шаботом молота и фундаментом выполняет следующие функции:

1) предохраняет «лицо» фундамента от разрушения при работе молота и смягчает действие ударов на фундамент;

24. Величины для подсчета высоты дубовой прокладки [16]

Действительный вес падающих частей молота Q_0 в кг	Допускаемая амплитуда колебаний шабота (молота) A в см	Модуль упругости для дуба при сжатии поперек волокон E в кг/см ²	Количество рядов брусьев в прокладке под шабот	Опорная площадь прокладки F_1 в см ²	Допускаемая статическая нагрузка на прокладку от веса могола в кг/см ²
До 1500	До 0,15	5000	1—2	До 35·10 ³	До 1,0
1 500—5 000	0,15—0,3	5000	2—3	45·10 ³ —100·10 ³	1,0—2,0
5 000—15 000	0,3—0,4	5000	3—4	110·10 ³ —160·10 ³	2,0—3,5
15 000—25 000	0,4—0,5	5000	3—5	160·10 ³ —200·10 ³	3,5—5,0

2) позволяет быстро добиться правильного положения шабота на фундаменте.

Опыт эксплуатации паро-воздушных молотов показал, что чем меньше высота подшаботной прокладки, тем более жестким получается удар и тем быстрее выходят из строя штоки, бабы, стяжные болты и другие детали молота.

При выборе высоты прокладки необходимо учитывать также последующее снижение высоты ее при ремонте.

Динамическое давление на подшаботную прокладку σ , вычисленное по формуле

$$\sigma = 0,5 Q_0 v \sqrt{\frac{E}{Q_1 F_1 b}} \text{ м/м}^2.$$

не должно превышать для дубовых прокладок 400 м/м², для прокладок из лиственницы 250 м/м², для прокладок из сосны 200 м/м².

Здесь Q_1 — общий вес шабота и станины для штамповочных молотов и вес шабота для ковочных молотов в т; F_1 — опорная площадь шабота в м²; b — толщина прокладки в м; E — модуль упругости подшаботной прокладки, величина которого принимается для дубовых прокладок $E = 50\,000$ м/м², для сосновых и лиственных прокладок $E = 30\,000$ м/м²; Q_0 — фактический вес падающих частей молота в т; v — скорость падающих частей в начале удара в м/сек.

Некоторые авторы [16] рекомендуют подсчитывать толщину b прокладки по формуле

$$b = \frac{A^2 E F_1 G_m g}{[(1 + \epsilon) Q_0 v]^2} \text{ см},$$

где ϵ — коэффициент восстановления удара; v — скорость падающих частей в на-

чале удара в см/сек; G_m — вес молота в кг; $g = 981$ см/сек² — ускорение силы тяжести.

Отдельные величины в формуле для подсчета высоты дубовой прокладки выбираются по данным, приведенным в табл. 34. Толщины амортизационных дубовых прокладок под шаботы, рекомендуемые О. А. Савиновым [8], приведены в табл. 33.

Технические условия на дубовые брусья для прокладок [16]. В дубовых брусьях, применяемых в качестве амортизационных прокладок под шаботы паровых штамповочных молотов, не допускаются следующие пороки и дефекты древесины:

- 1) гниль, ситовина, трухлявость дупла;
- 2) грибы всех видов;
- 3) сухостой;
- 4) свилеватость;
- 5) краснина.

Допускаются следующие пороки и дефекты древесины в дубовых брусьях:

- 1) косослой допускается с отклонением волокон не более 5 см на 1 пог. м длины бруса;
- 2) кривизна на кромке бруса допускается со стрелой прогиба не более 3 мм на 1 пог. м длины бруса;
- 3) «двойное сердце» допускается в размере не более 10% в партии;
- 4) прорость допускается односторонняя, глубиной не более 10 мм, без признаков загнивания;
- 5) сердцевинная трубка допускается толщиной 60 мм, без признаков загнивания;
- 6) плесень и синева допускаются в виде отдельных пятен;
- 7) метик и отлуп допускаются в виде узкой трещины с выходом на торце глубиной не более 3 мм, общим протяжением

не более 0,25% длины сортамента, без выхода в кант;

8) торцовые трещины допускаются на обоих торцах общей длиной не более ширины сортамента;

9) солнечные трещины допускаются глубиной не более 5 мм общим протяжением не более 0,5% длины сортамента;

10) сучки здоровые, вполне сросшиеся с древесиной, диаметром не более 20 мм не учитываются, диаметром не более 50 мм допускаются в количестве двух на 1 пог. м длины сортамента по всем его кантам;

11) сучки сшивные и лапчатые допускаются в общем числе учитываемых здоровых сучков;

12) сучки выпадающие и крапивные допускаются (в общем количестве учитываемых здоровых сучков размером до 20 мм) не более одного на 1 пог. м;

13) червоточина допускается без признаков поражения гнилью глубиной не более 5 см;

14) обзол допускается на двух кромках протяжением не более 0,25% длины сортамента, глубиной не более 10 мм и шириной не более 10 мм;

15) брусья ставятся под шабот влажностью не более 20—25%.

Пример определения размеров фундамента под штампочный молот [1]

Задание

Молот двойного действия для штамповки стальных изделий.

Фактический вес падающих частей $Q_0 = 3 \text{ т}$.

Рабочая высота падения $h = 1,3 \text{ м}$.

Давление пара на поршень $p = 7 \text{ ат} = 70 \text{ т/м}^2$.

Площадь поршня $f = 0,16 \text{ м}^2$.

Вес шабота и станины $Q_1 = 92,5 \text{ т}$.

Размеры подошвы шабота $F_1 = 3 \times 1,9 = 5,7 \text{ м}^2$.

Отметка подошвы шабота относительно пола цеха $\nabla = 1,00 \text{ м}$.

Размеры подшаботной прокладки $3,25 \times 2,16 \times 0,6 \text{ м}$.

Бурение, произведенное на площадке строительства кузнечного цеха в местах расположения фундамента под молот, показывает, что основанием фундамента может служить глина, залегающая от отметки $\nabla = 2,00 \text{ м}$. Расчетное сопротивление основания при статической нагрузке по данным исследования грунтов $R = 25 \text{ т/м}^2$.

Специальные исследования по определению коэффициента упругого равномерного сжатия грунта устанавливают величину $C_2 = 5 \text{ кг/см}^2 = 5000 \text{ т/м}^2$.

Определение ориентировочных величин веса площади подошвы фундамента. Марка бетона для фундамента молота с весом падающих частей $Q_0 = 3 \text{ т}$ принимаем 100.

Коэффициент восстановления удара при штамповке стальных изделий принимаем $\epsilon = 0,5$.

Скорость падающих частей в начале удара

$$v = 0,65 \sqrt{2g \frac{pf + Q_0}{Q_0} h} =$$

$$= 0,65 \sqrt{2 \cdot 9,81 \frac{70 \cdot 0,16 + 3}{3}} \cdot 1,3 = 7,0 \text{ м/сек.}$$

Вес фундамента и засыпки над его обрезами

$$Q_{\phi} = \left[8(1 + \epsilon) v - \frac{Q_1}{Q_0} \right] Q_0 =$$

$$= \left[8(1 + 0,5) 7,0 - \frac{92,5}{3,0} \right] \cdot 3,0 = 159 \text{ т.}$$

Площадь подошвы фундамента

$$F = \frac{20(1 + \epsilon)}{R} v Q_0 =$$

$$= \frac{20(1 + 0,5)}{25} 7,0 \cdot 3,0 = 25,2 \text{ м}^2.$$

Проверка толщины подшаботной прокладки. В соответствии с заданием на проектирование принимаем толщину подшаботной прокладки $b = 0,6 \text{ м}$. Материал прокладки — дуб.

Динамическое давление на подшаботную прокладку

$$\sigma = 0,5 Q_0 v \sqrt{\frac{E}{Q_1 F_1 b}} = 0,5 \cdot 3,0 \cdot 7,0 \times$$

$$\times \sqrt{\frac{50000}{92,5 \cdot 5,7 \cdot 0,6}} = 133 \text{ т/м}^2.$$

Здесь модуль упругости дубовой прокладки $E = 50000 \text{ т/м}^2$.

При принятой высоте дубовой прокладки динамическое давление не превышает допускаемое $\sigma = 400 \text{ т/м}^2$.

Принимаем прокладку из трех щитов толщиной по 0,2 м.

Определение основных размеров фундамента. В соответствии с данными задания на проектирование об отметке подошвы шабота молота (1 м) и данными о толщине подшаботной прокладки (0,6 м) верхняя отметка подшаботной части фундамента равняется 1,6 м.

Толщина подшаботной части фундамента принимается (по табл. 33) при $Q_0 = 3 \text{ т}$ равной 1,0 м.

Размеры подошвы фундамента определяем таким образом, чтобы расстояния от граней подошвы шабота до граней подшаботной части фундамента в продольном и поперечном направлениях были равны. При данной площади подошвы фундамента $F = 25,2 \text{ м}^2$ принимаем размеры $5,6 \times 4,5 \text{ м}^2$. Толщина реборд 0,4 м. Средние длина и ширина фундамента по ребордам 3,65 и 2,56 м. Объемный вес материала фундамента $2,2 \text{ т/м}^3$, засыпки $1,7 \text{ т/м}^3$.

При принятых размерах вес фундамента $25,2 \cdot 1,5 + (3,65 + 2,56) \cdot 2 \cdot 0,4 \cdot 1,6 \cdot 2,2 = 100,6 \text{ т}$.

Вес засыпки

$$[25,2 - 4,05 \cdot 2,96] \cdot 1,6 \cdot 1,7 = 35,9 \text{ т.}$$

Вес фундамента и засыпки

$$Q_{\phi} = 100,6 + 35,9 = 136,5 \text{ т.}$$

Вес фундамента, засыпки, шабота и станины

$$Q = Q_{\phi} + Q_1 = 136,5 + 92,5 = 229 \text{ т.}$$

Коэффициент жесткости при упругом равномерном сжатии

$$K_z = C_z F = 5000 \cdot 25,2 = 126\,000 \text{ т/м.}$$

Амплитуда вертикальных колебаний фундамента определяется по формуле

$$A_z = 0,2 \frac{(1 + \varepsilon) Q_0 v}{\sqrt{K_z Q}} \text{ м.}$$

$$A_z = 0,2 \frac{(1 + 0,5) \cdot 3,0 \cdot 7,0}{\sqrt{126000 \cdot 229}} = 0,00117 \text{ м} \approx 1,2 \text{ мм.}$$

Как видно, расчетная величина амплитуды соответствует допускаемой.

Статическое давление на основание фундамента

$$\sigma_z = \frac{229}{25,2} = 9 \text{ т/м}^2,$$

т. е. меньше 0,4 допускаемого при действии только статической нагрузки ($\alpha R = 0,4 \cdot 25 = 10 \text{ т/м}^2$), что удовлетворяет указанным выше требованиям.

Таким образом, предварительно принятые вес и площадь подошвы фундамента удовлетворяют динамическому расчету.

35. Технические условия на проверку положения шабота, прокладки и состояния „лица“ фундамента паро-воздушных штамповочных молотов [16]

Содержание технических условий	Метод проверки	Применяемый инструмент
<p>I. Поверхность выемки в фундаменте под дубовую прокладку должна быть горизонтальна как в продольном, так и в поперечном направлениях. Не допускаются на поверхности, называемой „лицом“ фундамента, впадины размером более 30 см^2. Допускаемые отклонения от горизонтальной плоскости „лица“ фундамента: в продольном направлении (по фронту молота) 1—1,5 мм на длину 1000 мм в поперечном направлении 1,5—2,0 мм на длину 1000 мм</p> <p>II. На плоскость „лица“ фундамента монтируется дубовая прокладка. Количество рядов дубовой прокладки определяется расчетом. Предварительно каждый брус и в целом стянутая прокладка прострагивается, затем прокладка монтируется в гнездо фундамента и придавливается грузом. Поверхность дубовой прокладки должна быть горизонтальна. Допускаемые отклонения от горизонтальной плоскости в продольном (по фронту молота) и в поперечных направлениях до 1 мм на 1000 мм</p> <p>III. Установленный на дубовую прокладку шабот штамповочного молота проверяется на горизонтальность. Допускаемые отклонения шабота от горизонтального положения как в продольном, так и в поперечном направлениях до 1 мм на длине 1000 мм</p>	<p>Деревянная линейка прикладывается ребром к поверхности выемки в фундаменте под дубовую прокладку. На линейку ставится рамный уровень, по которому производится проверка „лица“ фундамента специальными отбойными молотками (рябчиками) выравнивается и зачищается наждачным камнем, положенным плашмя</p> <p>Смонтированная дубовая прокладка, предварительно придавленная тяжелым грузом, проверяется с применением дубовой деревянной линейки и уровня, как в п. I технических условий. В случае отклонения от нормы дубовые прокладки прострагиваются на месте без демонтажа с фундамента</p> <p>После монтажа шабота на дубовую прокладку, имеющую точность по отклонению от горизонтального положения в пределах допуска, производится проверка правильности положения шабота по плоскостям, не изнашивающимся в процессе работы молота</p>	<p>1. Деревянная (дубовая или буковая) линейка длиной 1000—2000 мм, высотой до 60 мм. 2. Точный рамный уровень (ватерпас). 3. Отбойные молотки (рябчики). 4. Наждачный крупнозернистый круг диаметром 300 мм, толщиной до 40 мм</p> <p>1. Деревянная (дубовая или буковая) линейка длиной 1600—2000 мм, высотой до 60 мм. 2. Точный уровень. 3. Рубанки, фуганок</p> <p>1. Контрольная металлическая линейка, длина которой берется по размерам шабота. 2. Уровень. 3. Слесарный инструмент (напильник и др.)</p>

Продолжение табл. 33

Содержание технических условий	Метод проверки	Применяемый инструмент
<p>IV. При капитальном ремонте мотота после разборки его допускаемые отклонения в шаботе без смятия его с фундамента:</p> <p>в продольном направлении 3 мм на длине 1000 мм</p> <p>в поперечном направлении 4 мм на длине 1000 мм</p> <p>В случае отклонения шабота от указанной выше нормы шабот демонтируется с места, производится ремонт или прокладки или фундамента с прокладкой вместе. Допускаемые отклонения при ремонте проверяются по п. I — III настоящих технических условий</p>	Проверка производится так же, как в п. III	Инструмент тот же, что в п. III

ФУНДАМЕНТЫ ФОРМОВОЧНЫХ МАШИН

Устройство фундаментов формовочных машин. Для формовочных машин фундаменты располагаются в бетонном котловане или делаются в виде монолитных (бетонных) фундаментов.

Фундаменты, расположенные в бетонном котловане, сооружаются для формовочных машин с независимым поворотном-перекидным механизмом. Монолитные фундаменты делают для остальных формовочных машин.

Встряхивающие формовочные машины работают с частыми ударами, поэтому при расчете фундаментов необходимо учитывать, что грунт под фундаментом должен выдерживать нагрузку не менее $2,5 \text{ кг/см}^2$, если же грунт не выдерживает такой нагрузки, то необходимо произвести упрочнение грунта.

При определении давления на грунт учитывается нагрузка от собственного веса фундамента, веса формовочной машины и опоки, наполненной формовочной землей.

Глубина заложения фундамента не должна быть менее глубины промерзания грунта.

Фундамент формовочной машины должен лежать на мягком грунте. При наличии каменистого грунта под фундаментом необходимо изготовить подушку из песка и гравия (щебня).

Вокруг боковых стен фундамента по всему его периметру делается засыпка песком, гравием или золой без трамбования. Это предохраняет соседние формовочные машины, а также готовые фор-

мы от разрушения, так как удары встряхивающего стола при работе машины передаются грунтом на значительные расстояния. Мягкая засыпка поглощает колебания от ударов встряхивающего механизма и тем самым ограничивает распространение колебаний в пределах самой машины.

Толщина слоя засыпки зависит от грузоподъемности формовочной машины: при грузоподъемности до 1200 кг слой засыпки принимается равным 0,3 м, для всех остальных машин — от 0,3 до 0,8 м.

Проверка колебаний фундамента встряхивающей формовочной машины на резонанс производится по формуле

$$N = \frac{300}{\sqrt{\lambda}},$$

где N — число свободных колебаний фундамента в минуту; λ — деформации грунта от действия статической нагрузки (веса фундамента и машины), определяется по формуле

$$\lambda = \frac{Q_0 + Q}{C_2 \cdot F} \text{ см},$$

где Q_0 — вес падающих частей машины в кг; Q — вес фундамента и неподвижной части машины в кг; C_2 — коэффициент упругого равномерного сжатия в кг/см^3 (стр. 1007); F — площадь подошвы фундамента в см^2 .

Если число свободных колебаний фундамента будет равно или близко к числу ударов стола машины, то фундамент следует сделать более массивным или облегчить.

Вес фундаментов по отношению к весам формовочных машин колеблются в широких пределах. Для встряхивающих формовочных машин без амортизации ударов рекомендуется принимать вес бетонного фундамента в 6—8 раз больше веса машины. Для машин типа 231, 232 и 233 вес бетонного фундамента принимается в 12—18 раз больше веса машины.

Приведенные выше соотношения могут служить для приблизительного выбора веса и определения объема фундамента по весу встряхивающей формовочной машины.

При расчете фундаментов машин, устанавливаемых на втором этаже или в литейной, имеющей подвал, указанные соотношения веса фундамента к весу машины следует увеличивать вдвое.

Толщина фундамента под встряхивающим механизмом зависит от веса падающих частей машины. При выборе ее можно пользоваться данными табл. 36.

36. Толщина фундамента в зависимости от веса падающих частей формовочной машины

Вес падающих частей (стол встряхивающий, поворотный стол, встряхивающий поршень и форма) в <i>т</i>	Толщина фундамента в <i>м</i>
До 0,5	0,6
0,5—1	0,6—0,75
1—2	0,75—1
2—4	1—1,25
4—6	1,25—1,5
6—8	1,5—2

Для того чтобы фундамент упруго воспринимал колебания машины, между основанием встряхивающей машины и поверхностью фундамента укладываются прокладки из деревянных брусьев. Толщина брусьев 150—200 мм. Желательно применение дубовых брусьев. Количество рядов брусьев зависит от размера машины. Встряхивающие машины небольших размеров часто устанавливаются на фундаменте без брусьев.

Материалы для фундаментов формовочных машин. Фундаменты формовочных машин изготавливаются из бетона и железобетона. Фундаменты формовочных машин с весом падающих частей менее 1 т

изготавливаются из бетона марки не менее 100, а с весом падающих частей более 1 т марка бетона должна быть повышена до 150.

Исключением из этого служат небольшие формовочные машины, которые не имеют фундамента и монтируются обычно на переносных металлических плитах.

Фундаменты для пневматических формовочных машин с независимым поворотом-перекидным механизмом, имеющие массивное дно с боковыми стенками (например, для машин типа 234), а также монолитные армированные фундаменты формовочных машин (например, для машин типа 241) изготавливаются из бетона марки 150.

При постройке фундаментов под встряхивающие формовочные машины кирпичную и бутовую кладку применять не следует в связи с их недостаточной прочностью при динамических нагрузках.

ФУНДАМЕНТЫ ПОД МАШИНЫ С КРИВОШИПНО-ШАТУННЫМИ МЕХАНИЗМАМИ

Устройство фундаментов. Бетонные фундаменты объемом менее 40 м³ армируются по контуру отверстий и во всех входящих углах выемок. Стержни диаметром 12—16 мм устанавливаются через 20—40 см в зависимости от размеров фундамента.

Бетонные фундаменты объемом более 40 м³, кроме того, армируются по контуру (по наружным граням фундамента) сетками из стержней диаметром 12—16 мм через 20—40 см в зависимости от размеров фундамента.

Фундаменты особо мощных горизонтальных машин армируются объемными сетками из стержней диаметром 12—16 мм через 20—40 см.

Установка нескольких одинаковых неуравновешенных машин на расстояниях до 2—2,5 м в свету между фундаментами может быть произведена на общей фундаментной плите. Толщина последней должна быть не менее 80 см, а размеры консольных элементов плиты — не более полуторакратной толщины ее.

Плита должна быть армирована понизу и поверху.

Материал для фундаментов под машины с кривошипно-шатунными механизмами. Основным материалом является бетон марки не ниже 100. При сооружении

массивных фундаментов машин мощностью до 100 л. с. (выше уровня грунтовых вод) допускается кладка из кирпича марки не ниже 100 на цементном растворе марки 50 и выше.

Определение амплитуды колебаний фундаментов под машины с кривошипно-шатунными механизмами. Динамический расчет фундамента производится лишь для фундаментов под машины, имеющие неуравновешенные возмущающие силы. Расчетом определяются амплитуды вынужденных колебаний фундамента.

Амплитуда вертикальных колебаний фундамента A_z вычисляется по формуле

$$A_z = \frac{P_z}{K_z - m\omega^2} \text{ м,}$$

где P_z — вертикальная составляющая возмущающих сил машины в m ; K_z — коэффициент жесткости основания при упругом равномерном сжатии в m/m ; m — масса фундамента и машины в $mсек^2/m$, $m = \frac{Q_\phi + Q_m}{9,81}$; Q_ϕ — вес фундамента в m ; Q_m — вес машины в m ; ω — угловая частота вращения машины в $сек^{-1}$, $\omega = 0,104 N$; N — число оборотов машины в минуту.

Амплитуда колебаний верхней грани фундамента в одной из главных вертикальных плоскостей его при колебаниях, сопровождающихся одновременно вращением и сдвигом фундамента, вычисляется по формуле

$$A = A_x + A_\phi h_1 \text{ м,}$$

где A_x — амплитуда горизонтальных колебаний центра тяжести установки (фундамента и машины) в m ; A_ϕ — амплитуда вращательных колебаний фундамента относительно горизонтальной оси, проходящей через центр тяжести установки перпендикулярно плоскости колебаний, в радианах; h_1 — расстояние от верхней грани фундамента до центра тяжести установки (фундамента и машины) в m .

Величины A_x в m и A_ϕ в радианах определяются по формулам

$$A_x = \frac{(K_\phi + K_x h_2^2 - \Theta \omega^2) P_x + K_x h_2 M}{\Delta};$$

$$A_\phi = \frac{K_x h_2 P_x + (K_x - m \omega^2) M}{\Delta},$$

где K_x (в m/m) и K_ϕ (в $mм$) — коэффициенты жесткости основания; Θ — момент инерции массы всей установки (фундамента и машины) относительно оси, проходящей через общий центр тяжести перпендикулярно плоскости колебаний, в $мсек^2$; ω — угловая частота вращения машины в $сек^{-1}$; h_2 — расстояние от общего центра тяжести установки до подошвы фундамента в m ; m — масса всей установки в $мсек^2/m$; P_x — горизонтальная составляющая возмущающих сил машины в m ; M — возмущающий момент, равный сумме возмущающего момента самой машины и момента от возмущающих сил при приведении их к центру тяжести установки, в $мм$; Δ — коэффициент, значение которого вычисляется по формуле

$$\Delta = m\Theta\omega^4 - (K_\phi m + K_x h_2^2 m + K_x \Theta) \omega^2 + K_\phi K_x.$$

В зависимости от соотношения высоты фундамента h к размеру его подошвы в направлении скольжения поршней a_x при расчете амплитуд колебаний фундаментов машины A допускается применение приближенных формул:

при $a_x > 3h$ определяется только

$$A_x = \frac{P_x}{K_x - m\omega^2} \text{ м;}$$

при $a_x < \frac{h}{2}$ определяется только

$$A_\phi = \frac{P_x H}{K_\phi - \Theta \omega^2} \text{ м,}$$

где H — расстояние от оси вращения машины до подошвы фундамента в m ; K_x , K_ϕ , P_x , m , Θ и ω — то же, что и в предыдущих формулах.

Расчетные значения амплитуд колебаний фундамента A_z и A , вычисленные по приведенным выше формулам, не должны превышать 0,2 $мм$.

При возведении нескольких фундаментов на одной общей плите последняя условно разбивается на участки, приходящиеся на отдельные фундаменты, и расчет колебаний производится в предположении, что каждый фундамент устанавливается отдельно. При этом значение допускаемой амплитуды колебаний принимается на 30% больше, чем для отдельно возводимых фундаментов.

ВИБРОИЗОЛЯЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

Основные положения [17]

Передача возникающей при работе оборудования вибрации на соседние станки, машины, конструкции зданий и сооружений может быть значительно уменьшена при помощи виброизоляции.

Виброизоляцию подразделяют на активную и пассивную.

Под *активной виброизоляцией* понимается виброизоляция машин с периодической возмущающей силой и машин ударного действия (штамповочные и ковочные молоты) с целью уменьшения колебаний конструкций или оснований, на которых помещаются другие расположенные поблизости машины.

Под *пассивной виброизоляцией* понимается виброизоляция станков и другого оборудования, чувствительного к сотрясениям, с целью уменьшения вибраций, передающихся от поддерживающих конструкций к виброизолируемым объектам.

Для активной и пассивной виброизоляции машин, станков, приборов и пр. применяются виброизоляторы из стальных пружин и прокладки из упругих материалов.

Эффективное ослабление вибраций низкой частоты (ниже 25—30 колебаний в секунду) в большинстве случаев возможно лишь с помощью виброизоляторов из стальных пружин.

Пружинные виброизоляторы могут применяться для ослабления колебаний как низких, так и высоких частот; они допускают большой упругий прогиб, весьма долговечны, хорошо противостоят действию масел и высокой температуры и относительно малогабаритны. Поэтому для виброизоляции оборудования с низкими частотами возмущающих сил их следует предпочесть всякого рода прокладкам из упругих материалов.

Применение виброизоляционных устройств без расчета не рекомендуется, так как это может привести к тому, что частоты собственных колебаний изолируемого объекта будут недостаточно низки по сравнению с частотами вынужденных колебаний и эффективность виброизоляции окажется недостаточной. При отношении частоты вынужденных колебаний к частоте собственных колебаний, близком к 1, виброизоляционные устройства вместо пользы приносят вред.

При расчете виброизоляции для машин с периодической возмущающей силой производится:

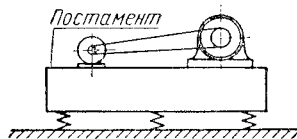
а) подбор основных параметров виброизоляции, к которым относятся величины массы (а в общем случае и моменты инерции массы) изолируемой установки, величины жесткости и демпфирующие свойства виброизоляторов (свойства, вызывающие затухание колебаний);

б) определение размеров упругих элементов в виброизоляторах (пружин и резиновых элементов).

Кроме того, для общего случая, когда изолируемый объект совершает вращательные колебания, проверяются:

а) частоты собственных вращательных колебаний изолируемой установки;

б) величины амплитуд вынужденных колебаний изолируемой установки, а так-



Фиг. 8. Опорный вариант виброизоляции.

же вычисляются возмущающие силы, передающиеся на поддерживающую конструкцию.

Виброизоляторы устанавливаются:

а) непосредственно под корпусом машины;

б) под жестким постаментом или заменяющим его фундаментом, на котором укрепляется изолируемая машина (фиг. 8).

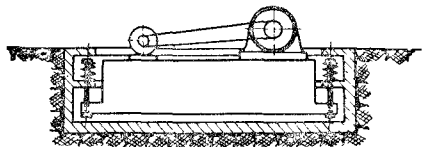
При выборе конструктивной формы постаментов под изолируемую машину следует стремиться к уменьшению расстояния между центром тяжести всей установки и линией действия возмущающей силы. Сокращение этого расстояния уменьшает амплитуды вращательных колебаний машины.

Расположение виброизоляторов влияет на частоты собственных вращательных колебаний изолируемой машины (удаление виброизоляторов от центра тяжести изолируемой установки как в горизонтальном, так и в вертикальном направлении повышает, а приближение их понижает частоты собственных вращательных колебаний).

Виброизоляция может быть осуществлена также в виде упругой подвески, когда изолируемый объект подвешивается

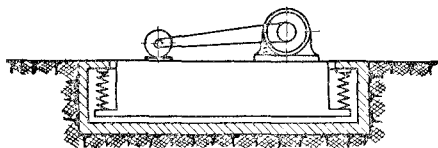
на закрепленных выше подошвы поста-мента виброизоляторах, работающих на сжатие (фиг. 9) или на растяжение (фиг. 10).

При изоляции машины с фундаментом, заглубленным в грунт, необходимо устройство ограждающего короба (корыта) внутри которого размещаются фунда-мент и виброизоляторы (фиг. 9 и 10).



Фиг. 9. Вариант с подвесными стержнями и пружинами, работающими на сжатие.

Располагать виброизоляторы следует с учетом удобства их монтажа и замены, а также наблюдения за их состоянием



Фиг. 10. Подвесной вариант с пружинами, работающими на растяжение

в процессе эксплуатации. При устройстве виброизоляционных установок необходимо предусмотреть зазоры или проходы, обеспечивающие доступ ко всем вибро-изоляторам.

Эффективность активной виброизоляции в вертикальном направлении характери-зуется коэффициентом передачи μ :

$$\mu = \frac{P_k}{P} = \frac{1}{\alpha^2 - 1},$$

где P_k — величина амплитуды динамической силы, передающейся через вибро-изоляторы на поддерживающую конст-рукцию; P — величина амплитуды возмущающей силы, действующей на изолируе-мую установку; $\alpha = \frac{\omega_0}{\omega_z}$ — отношение

круговой частоты вынужденных колеба-ний (круговой частоты возмущающей силы) ω_0 к круговой частоте собственных вертикальных колебаний ω_z установки.

При заданной величине коэффициента передачи μ величина α определяется по указанной выше формуле. Отношение α должно удовлетворять условию

$$\alpha = \frac{\omega_0}{\omega_z} \geq 4.$$

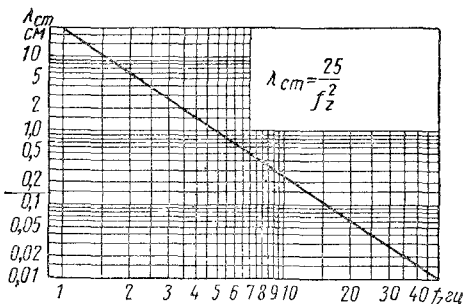
В связи с тем, что изготовление вибро-изоляторов, обеспечивающих частоту собственных колебаний ниже 2 гц^* , сопря-жено со значительными техническими труд-ностями, при виброизоляции машин с ча-стотой возмущения меньше 500 колеба-ний в минуту как исключение можно до-пускать $\alpha \geq 3$.

Необходимая величина общей жестко-сти K_z всех виброизоляторов в вертикаль-ном направлении определяется по форму-ле

$$K_z = m \omega_z^2 \text{ кг/см},$$

где m — масса изолируемой установки в кг ; $\omega_z = \frac{\omega_0}{\alpha}$ — круговая частота собственных вертикальных колебаний установки в сек^{-1} .

В том случае, когда для виброизоляции применяются только стальные пружины,



Фиг. 11 Зависимость между частотой f_z собствен-ных вертикальных колебаний машины, установлен-ной на пружинные виброизоляторы, и статической осадкой λ_{cm} пружины.

характеристикой для необходимой жест-кости может служить λ_{cm} — статическая осадка виброизоляторов от веса изолируе-мой установки.

Статическая осадка пружины, при ко-торой изолируемая установка будет ко-лебаться с частотой $f_z = \frac{\omega_z}{2\pi}$, опре-деляется по формуле

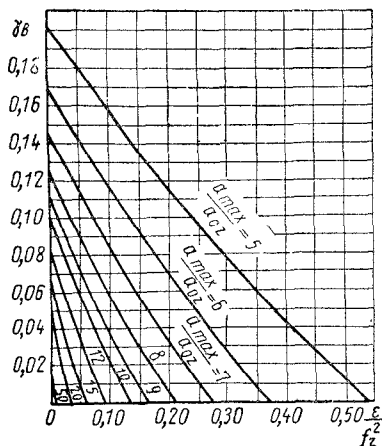
$$\lambda_{cm} = \frac{g}{\omega_z^2} \approx \frac{25}{f_z^2} = \left(\frac{5}{f_z} \right)^2 \text{ см.}$$

Статическая осадка пружины может определяться также по графику фиг. 11.

* гц (герц) — единица измерения частоты, рав-ная одному колебанию в секунду.

Для уменьшения колебаний изолируемой установки при пусках и остановках машин необходимо предусматривать применение виброизоляторов, обладающих демпфирующими свойствами.

Величина коэффициента неупругого сопротивления γ_{θ} , характеризующего демпфирующие свойства в виброизоляторах, определяется по графику фиг. 12



Фиг. 12. График для определения требуемой величины коэффициента неупругого сопротивления γ_{θ} , характеризующего затухание в виброизоляторах; ϵ — скорость нарастания или убывания числа оборотов машины в гц/сек; f_2 — частота собственных колебаний машины в гц; a_{\max} — максимальная амплитуда колебаний машины при ее пуске или остановке в см; a_{02} — амплитуда вертикальных колебаний машины при рабочем режиме в см.

в зависимости от скорости нарастания или убывания числа оборотов машины ϵ в гц/сек и отношения максимальной амплитуды колебаний установки при пуске или остановке машины a_{\max} к амплитуде вертикальных колебаний установки при рабочем режиме машины a_{02} .

Зная величину ϵ и задавшись отношением $\frac{a_{\max}}{a_{02}}$, по графику фиг. 12 определяют величину минимально необходимого значения γ_{θ} . При $\gamma_{\theta} \leq 0,03$ можно применять виброизоляторы из одних стальных пружин. При $\gamma_{\theta} > 0,03$ необходимо применять резиновые виброизоляторы или комбинированные виброизоляторы, состоящие из стальных пружин и резиновых элементов.

Величины допускаемых вибраций определяются условиями технологического процесса производства и назначаются в задании на проектирование фундамента.

На основании материалов обследований вибрирующих конструкций и сооружений, проведенных ЦНИПС [18], величины вибраций (амплитуды), которые не мешают нормальной работе на этом оборудовании, составляют:

Для токарно-винторезных, фрезерных, долбежных и сверлильных станков	0,03 мм
Для круглошлифовальных станков	0,025 .
„ внутришлифовальных станков	0,05 .
„ строгальных станков	0,35 .
„ прессов	0,09 .

Более точно допускаемые амплитуды колебаний рекомендуется определять по данным табл. 4 и 5 инструкции И-200-54 [19].

Амплитуды колебаний (на уровне подошвы станины) в мм для машин с установившимся движением О. А. Савинов [8] считает возможным принимать не более указанных ниже величин:

Число колебаний в минуту	При колебаниях	
	вертикальных	горизонтальных
До 500	0,15	0,20
500	0,12	0,16
750	0,09	0,13
1 000	0,075	0,11
1 500	0,06	0,09
3 000	0,03	0,05
5 000	0,015	0,02
10 000	0,005	0,0075

Расчет виброизоляторов

Определение величины вертикальной возмущающей силы [19]. Величина вертикальной возмущающей (инерционной) силы P_z , от которой зависит амплитуда поступательных вертикальных колебаний, вычисляется путем умножения нормативной динамической нагрузки R на коэффициент перегрузки K_d .

Нормативная динамическая нагрузка R , развиваемая машиной в ее нормальном состоянии, отвечающем техническим тре-

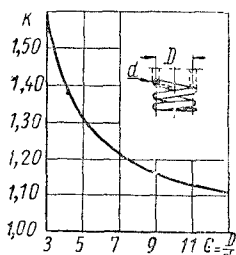
37. Нормативные величины возмущающих (инерционных) сил

Машины	Характер движения масс	Вес машины Q в $кГ$	Наименование движущейся части машины	Отношение веса движущейся части к весу машины $\frac{q}{Q}$	Эксцентриситет или радиус эксцентрика r_0 в $мм$	Число оборотов или ходов в минуту $N_0 \approx 60f_0$	Возмущающая (инерционная) сила R в $кГ$
Прессы	Возвратно-поступательное вертикальное	3200	Ползун	0,155	120	60—120	$240f_0^2$
"	То же	6000	"	0,133	120	40—90	$384f_0^2$
Бесцентрово-шлифовальные станки	Вращение на горизонтальном валу	2000	Шпиндель камня	0,075	0,1	3000	$0,06f_0^2$
То же	То же	2600	То же	0,095	0,2	1300	$0,20f_0^2$
Желобошлифовальные станки	"	1200	"	0,042	0,025	1000—12000	$0,005f_0^2$
То же	"	2200	"	0,036	0,05	2000—6000	$0,016f_0^2$
Вентиляторы и другие тягодутьевые аппараты	"	Q	Крыльчатка с валом	0,25—0,50	1	300—2000	$\frac{qf_0^2}{250}$
Электромашин	"	Q	Ротор	0,30—0,40	$\frac{60}{20 + f_0^2}$	500—3000	$\frac{0,24qf_0^2}{20 + f_0^2}$

бованиям эксплуатации машины, определяется по формуле

$$R = \frac{q}{g} r_0 (2\pi f_0)^2 \approx \frac{q r_0^2 f_0^2}{250} \text{ кг},$$

где q — номинальный вес возвратно-поступательно движущейся или вращающейся части машины в кг; r_0 — радиус эксцентрика, радиус кривошипа, полови-



Фиг. 13. График определения коэффициента K : D — средний диаметр пружины; d — диаметр прутка; $C = \frac{D}{d}$ — индекс пружины.

на хода в машинах с возвратно-поступательным движением масс или нормальный эксцентриситет вращающейся массы в ротационных машинах в мм; f_0 — число оборотов машины (частота возмущающей силы) в 1 сек.; $g = 9810 \text{ мм/сек}^2$ — ускорение силы тяжести.

Для машин с номинально уравновешенными вращающимися на вертикальном или на горизонтальном валу массами (центрифуги, вентиляторы, электрические машины) величина q представляет собой полный вес вращающейся части (например, в центрифугах — вес барабана вместе с заголлнением), а величина r_0 — эксцентриситет, равный фактическому смещению центра масс ст оси вращения и измеря-

емый обычно долями миллиметра; нормальное значение r_0 устанавливается технологами или принимается по табл. 37 (см. стр. 1046).

Необходимость введения коэффициента перегрузки K_d вызывается тем, что фактическая амплитуда возмущающей (инерционной) силы может превышать ее нормативное (среднее) значение, определенное по указанной выше формуле, вследствие возможных отклонений величин r_0 , q и f_0 от их нормальных значений (особенно большие отклонения возможны в величине r_0 для машин с вращающимися массами) или изменения режима работы машины.

Превышение амплитуды инерционной силы над ее средней величиной для некоторых машин может увеличиваться со временем и достигать предельного значения, при котором возможно нарушение нормальной работы машины или ее аварии. Рекомендуемые [19] коэффициенты перегрузки машин приведены в табл. 38.

38. Коэффициент перегрузки машин K_d

Характер движущегося масс	Коэффициент перегрузки при расчете по предельным состояниям
Машины с возвратно-поступательным движением (вертикальным и горизонтальным)	1,3
Машины с вращающимися массами (на вертикальном и горизонтальном валу)	4,0

Пружинные и резиновые виброизоляторы. Для устройства пружинных виброизоляторов пригодны любые пружины, жесткость которых равна величине, требуемой расчетом.

Расчет цилиндрических пружин виброизоляторов (навитых из круглого прутка) *

1. Частота возмущающей силы	$f_0 = \frac{N}{60} \text{ эц.},$ где N — число оборотов (циклов) машины в минуту
2. Круговая частота возмущающей силы	$\omega_0 = 2 \cdot \pi f_0 \text{ сек.}^{-1}$
3. Масса всей установки, равная сумме масс изолируемой машины и постамент	$m = \frac{Q}{g} \text{ кг сек}^2 \text{ см}^{-1},$ где Q — вес изолируемой установки (вместе с постаментом) в кг; $g = 981 \text{ см/сек}^2$ — ускорение силы тяжести

* В настоящем разделе рассматривается лишь случай виброизоляции машин с вертикальной возмущающей силой. При наличии горизонтальных возмущающих сил и моментов расчет виброизоляции следует производить согласно инструкции И-204-55 МСГМХП [17]. В этой инструкции также даны формулы по расчету виброизоляции кузнечных молотов.

Продолжение

4. Амплитуда поступательных вертикальных колебаний установки	$a_{oz} = \frac{P_z}{m\omega_0^2} \text{ см},$ <p>где P_z — величина возмущающей силы в вертикальном направлении в $\kappa\Gamma$</p>
5. Круговая частота собственных вертикальных колебаний установки	$\omega_z = \frac{\omega_0}{\alpha} \text{ сек}^{-1},$ <p>где $\alpha \geq 4$; ω_0 — круговая частота вынужденных колебаний (круговая частота возмущающей силы)</p>
6. Общая жесткость всех пружинных виброизоляторов в вертикальном направлении	$K_{zn} = m\omega_z^2 \kappa\Gamma/\text{см},$ <p>где m — масса изолируемой установки в $\kappa\Gamma\text{сексм}^{-1}$</p>
7. Жесткость одной пружины в вертикальном направлении	$K'_{zn} = \frac{K_{zn}}{n} \kappa\Gamma/\text{см},$ <p>где n — число пружин, выбирается из соображений удобства их размещения и установки</p>
8. Статическая нагрузка на одну пружину	$P'_{ст} = \frac{Q}{n} \kappa\Gamma,$ <p>где Q — вес изолируемой установки в $\kappa\Gamma$</p>
9. Динамическая нагрузка, передаваемая на одну пружину при рабочем режиме изолируемого агрегата	$P'_{дин} = a_{oz} K'_{zn} \kappa\Gamma,$ <p>где a_{oz} — амплитуда вертикальных колебаний агрегата в см при рабочем числе оборотов</p>
10. Расчетная нагрузка на одну пружину	$P' = P'_{ст} + 1,5 P'_{дин} \kappa\Gamma,$ <p>где 1,5 — коэффициент, учитывающий усталостные явления материала пружин</p>
11. Индекс пружины	$C = \frac{D}{d};$ <p>индекс пружины C принимается в пределах от 4 до 10</p>
12. Допускаемое напряжение на сдвиг материала пружин	$\tau = \frac{\tau_s}{k_0} \kappa\Gamma/\text{см}^2,$ <p>где τ_s — предел текучести при сдвиге; k_0 — коэффициент запаса, принимаемый в пределах 1,5—2,0</p>
13. Диаметр прутка для пружины	$d = 1,6 \sqrt{\frac{KP'C}{\tau}} \text{ см},$ <p>где K — коэффициент, определяемый по графику (фиг. 13)</p>

Продолжение

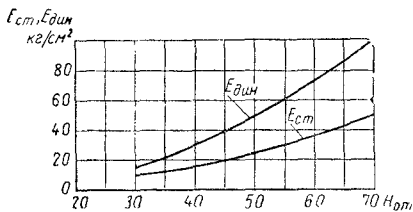
14. Средний диаметр пружины	$D = Cd \text{ см}$
15. Число рабочих витков пружины	$i = \frac{Gd}{8K'_{zn} C^3},$ <p>где G — модуль упругости при сдвиге в $\kappa\Gamma/\text{см}^2$</p>
16. Число всех витков пружины	$i_1 = i + i_2,$ <p>где i_2 — число мертвых витков пружины, равное 1,5 при $i < 7$ и равное 2,5 при $i > 7$</p>
17. Шаг пружины	$h = (0,25 \div 0,5) D \text{ см}$
18. Высота ненагруженной пружины	$H_0 = ih + (i_2 - 0,5) d \text{ см}.$ <p>П р и м е ч а н и е. При расчете пружин, работающих на сжатие, $\frac{H_0}{D} \leq 2$</p>
Расчет виброизоляторов из одинаковых пружин заданных размеров	
1. Жесткость одной пружины в вертикальном направлении	$K'_{zn} = \frac{Gd}{8C^3i} \kappa\Gamma/\text{см},$ <p>где G — модуль упругости при сдвиге в $\kappa\Gamma/\text{см}^2$; d — диаметр прутка пружины; C — индекс пружины ($C = \frac{D}{d}$); i — число рабочих витков пружины</p>
2. Динамическая нагрузка, передаваемая на одну пружину при рабочем режиме изолируемого агрегата	$P'_{дин} = a_{dz} K'_{zn} \kappa\Gamma.$ <p>где a_{dz} — амплитуда вертикальных колебаний агрегата в см при рабочем числе оборотов</p>
3. Максимальная допускаемая статическая нагрузка на одну пружину	$P'_{ст} = \frac{\pi d^3 \tau}{8KL} - 1,5 P'_{дин} \kappa\Gamma,$ <p>где d — диаметр прутка пружины; K — коэффициент, определяемый по графику (фиг. 13); D — средний диаметр пружины; τ — допускаемое напряжение на сдвиг материала пружины; 1,5 — коэффициент, учитывающий усталостные явления материала пружин; $\pi = 3,14$</p>
4. Число пружин из условия жесткости	$n \leq \frac{K_{zn}}{K'_{zn}},$ <p>где K'_{zn} — жесткость одной пружины в вертикальном направлении; K_{zn} — общая жесткость всех пружин в вертикальном направлении</p>
5. Число пружин из условия прочности	$n \geq \frac{Q}{P'_{ст}},$ <p>где Q — вес изолируемой установки в $\kappa\Gamma$</p>

Расчет резиновых виброизоляторов

1. Площадь поперечного сечения резиновых виброизоляторов	$F_p = \frac{Q_p}{\sigma} \text{ см}^2,$ <p>где Q_p — нагрузка (вес груза), приходящаяся на все резиновые виброизоляторы в кг; σ — расчетное статическое напряжение в резине в кг/см^2, отнесенное к площади недеформированного элемента; для резины твердостью по Шору до 40 $\sigma = 1 \div 3 \text{ кг/см}^2$. Для резины твердостью по Шору выше 40 σ до 5 кг/см^2</p>
2. Общая жесткость всех резиновых виброизоляторов в вертикальном направлении	$K_{zp} = m \omega_z^2 \text{ кг/см},$ <p>где m — масса изолируемой установки в $\text{кгсек}^2\text{см}^{-1}$; $\omega_z = \frac{\omega_0}{\alpha}$ — круговая частота собственных вертикальных колебаний установки в сек^{-1}</p>
3. Рабочая высота виброизолятора	$H_{1p} = \frac{E_d F_p}{K_{zp}} \text{ см},$ <p>где E_d — динамический модуль упругости резины в кг/см^2, определяется по графику фиг. 14 в зависимости от твердости резины по Шору</p>
4. Число виброизоляторов и поперечный размер их определяются путем подбора: а) для виброизоляторов квадратного сечения б) для виброизоляторов круглого сечения	$nb^2 \approx F_p,$ <p>где n — число виброизоляторов; b — сторона квадрата виброизолятора в см;</p> $0,785nD^2 \approx F_p,$ <p>где D — диаметр виброизолятора в см</p>
<p>Примечания: 1. Поперечный размер виброизолятора b или D рекомендуется выбирать с соблюдением условия, $H_{1p} \leq b$ (или D) $\leq (1,5-8) H_{1p}$.</p> <p>2. У широких резиновых виброизоляторов с малой высотой рабочая высота H_{1p} будет составлять незначительную часть полной высоты H_p, поэтому виброизолятор даже из мягкой резины будет очень жестким. По этой причине рекомендуется применять для виброизоляции рифленные или перфорированные резиновые пластины.</p>	
5. Число виброизоляторов должно находиться в пределах: а) для виброизоляторов квадратного сечения б) для виброизоляторов круглого сечения	$\frac{F_p}{64H_{1p}^2} < n < \frac{F_p}{H_{1p}^2},$ $\frac{1,27F_p}{64H_{1p}^2} < n < \frac{1,27F_p}{H_{1p}^2}$
6. Полная высота виброизолятора	$H_p = H_{1p} + \frac{b \text{ (или } D)}{8}$

Расчет резиновых элементов заданных размеров с круглым или квадратным сечением

1. Максимальная нагрузка на один резиновый виброизолятор	$P'_{ст} = F' \sigma \text{ кг},$ <p>где F' — площадь поперечного сечения одного виброизолятора в см^2 (задается); σ — расчетное статическое напряжение в резине в $\text{кг}/\text{см}^2$, отнесенное к площади недеформированного элемента</p>
2. Рабочая высота виброизолятора должна находиться в пределах	$H_{1p} = H_p - \frac{A}{8} = (0,125 \div 1,2) A,$ <p>где A — поперечный размер виброизолятора: для круглого сечения D, для квадратного сечения b; H_p — полная высота виброизолятора</p>
3. Жесткость виброизолятора в вертикальном направлении	$K'_{zp} = \frac{F' E_d}{H_{1p}} \text{ кг/см},$ <p>где E_d — динамический модуль упругости резины в $\text{кг}/\text{см}^2$; ориентировочное значение E_d может быть определено по графику фиг. 14</p>
4. Число виброизоляторов определяется: из условия жесткости из условия прочности	$n \leq \frac{K_{zp}}{K'_{zp}},$ <p>где K_{zp} — жесткость всех резиновых виброизоляторов</p> $n \geq \frac{Q_p}{P'_{ст}},$ <p>где Q_p — нагрузка (вес груза), приходящаяся на все резиновые виброизоляторы, в кг</p>
5. Нагрузка, приходящаяся на один виброизолятор	$Q'_p = \frac{Q_p}{n} \text{ кг}$
6. Осадка резинового виброизолятора от статической нагрузки	$\Delta_{ст. p} = \frac{Q'_p H_{1p}}{F' E_{ст}} \text{ см},$ <p>где $E_{ст}$ — статический модуль упругости резины в $\text{кг}/\text{см}^2$; ориентировочное значение $E_{ст}$ может приниматься по графику фиг. 14</p>



Фиг. 14. График зависимости между модулями упругости резины и ее твердостью по Шору.

Комбинированные виброизоляторы из стальных пружин и резиновых элементов. Когда затухание в виброизоляторах

из одних стальных пружин недостаточно, применяются комбинированные виброизоляторы, состоящие из стальных пружин и резиновых элементов.

Комбинированные виброизоляторы, обычно осуществляются в виде „кустов“ из пружин и резиновых элементов (фиг. 15, а) или в виде отдельных пружин и резиновых элементов (фиг. 15, б), устанавливаемых под машины (агрегаты).

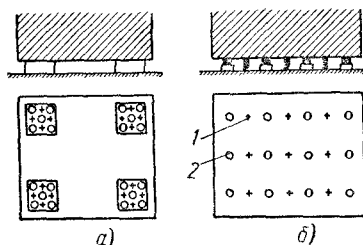
Виброизоляторы нужно располагать в плане так, чтобы их центр тяжести находился на одной вертикали с центром тяжести установки.

При комбинированных виброизоляторах, кроме того, должны находиться на одной вертикали центр жесткости пружин

Расчет комбинированных виброизоляторов, состоящих из стальных пружин и резиновых элементов

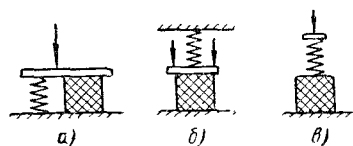
<p>1. Жесткость в вертикальном направлении всех пружинных виброизоляторов:</p> <p>а) при параллельном соединении стальных пружин и резиновых элементов (фиг. 16, а и б)</p> <p>б) при последовательном соединении стальных пружин и резиновых элементов (фиг. 16, в)</p>	$K_{zn} = K_z - K_{zp};$ $K_{zn} = \frac{K_z \gamma_a - K_{zp} \gamma_n}{\gamma_p},$ <p>где K_z — общая жесткость всех (резиновых и пружинных) виброизоляторов в $\kappa\Gamma/\text{см}$; γ_a — коэффициент неупругого сопротивления комбинированных виброизоляторов (определяется по графику фиг. 12); γ_n — коэффициент неупругого сопротивления пружины; для стальных пружин принимается равным $\gamma_n = 0,01$; γ_p — коэффициент неупругого сопротивления резины, зависит от сорта резины; в виброизоляторах из резины с большим затуханием γ_p может приниматься равным 0,15—0,2</p>
<p>2. Жесткость в вертикальном направлении всех резиновых виброизоляторов:</p> <p>а) при параллельном соединении стальных пружин и резиновых элементов (фиг. 16, а и б)</p> <p>б) при последовательном соединении стальных пружин и резиновых элементов (фиг. 16, в)</p>	$K_{zp} = \frac{K_z \gamma_a - K_{zn} \gamma_n}{\gamma_p};$ $K_{zp} = \frac{K_z K_{zn}}{K_{zn} - K_z}$
<p>3. Величина статической нагрузки, передаваемой на резиновые элементы</p>	$Q_p = a_{\max} K_{zp} \kappa\Gamma.$ <p>где a_{\max} — амплитуда колебаний машины в см при ее пуске или остановке</p>
<p>4. Величина статической нагрузки, передаваемой на пружины</p>	$Q_n = Q - Q_p \kappa\Gamma.$ <p>где Q — вес изолируемой установки в $\kappa\Gamma$</p>
<p>5. Число и размеры стальных пружин и резиновых элементов</p>	<p>Определяются по найденным величинам K_{zn} и Q_n, K_{zp} и Q_p с учетом указаний, содержащихся в таблицах, приведенных на стр. 1043—1051. В комбинированных виброизоляторах пружины должны рассчитываться по прочности на полную нагрузку, приходящуюся на все виброизоляторы (пружины и резиновые элементы).</p>
<p>6. Высота подставок [в комбинированных виброизоляторах определенная расчетом высота резиновых элементов, как правило, меньше высоты пружин, поэтому в таких случаях резиновые элементы надлежит устанавливать на специальные подставки (фиг. 17)]</p>	$h = H_n - H_p - \Delta_{\text{ст. п}} + \Delta_{\text{ст. р}} \text{ см},$ <p>где H_n — полная высота пружины в ненагруженном состоянии; H_p — полная высота резинового элемента в ненагруженном состоянии; $\Delta_{\text{ст. п}}$ — статическая деформация пружин под нагрузкой Q_n; $\Delta_{\text{ст. р}}$ — статическая деформация резиновых элементов под нагрузкой Q_p</p>

жин и центр жесткости резиновых элементов. Это требование должно выполняться также в каждом отдельном кузовом виброизоляторе.



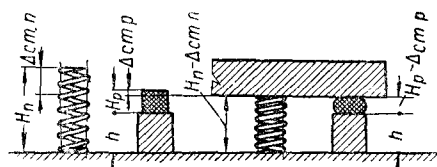
Фиг. 15. Схемы комбинированных виброизоляторов из пружин и резиновых элементов: а — кустовое расположение пружин и резиновых элементов (кустовые комбинированные виброизоляторы); б — раздельное расположение пружин и резиновых элементов рядами; 1 — пружины; 2 — резиновые элементы.

Центром жесткости виброизоляторов называется точка, через которую проходит равнодействующая реакций всех виброизоляторов при одинаковой их деформации.



Фиг. 16. Схемы комбинированных виброизоляторов из стальных пружин и резиновых элементов: а, б — параллельное соединение; в — последовательное соединение.

Кустовые комбинированные виброизоляторы могут быть осуществлены в виде отдельной конструкции.



Фиг. 17. Схема определения высоты подставки при параллельном соединении виброизоляторов.

Пассивная виброизоляция. Пассивная виброизоляция осуществляется, так же как и активная, путем установки приборов и машин на виброизоляторы.

При устройстве пассивной виброизоляции следует руководствоваться рекомендациями, приведенными для активной виброизоляции, а также следующими до-

полнительными указаниями, учитывающими особенности устройства пассивной виброизоляции.

Отношение $\alpha = \frac{\omega_0}{\omega_z}$ определяется в зависимости от требуемой величины коэффициента передачи μ :

$$\alpha = \sqrt{\frac{1 + \mu}{\mu}} \geq 4,$$

где $\mu = \frac{a_{0z}}{a_{kz}}$ — коэффициент передачи, характеризующий эффективность пассивной виброизоляции в вертикальном направлении; a_{0z} — амплитуда вертикальных колебаний центра тяжести изолируемой установки; a_{kz} — амплитуда вертикальных колебаний поддерживающей конструкции.

Амплитуда вертикальных колебаний пассивно виброизолированной установки определяется из выражения

$$a_{0z} = a_{kz} \frac{1}{\alpha^2 - 1}.$$

При пассивной виброизоляции амплитуда вынужденных колебаний зависит только от величины α в отличие от случая активной виброизоляции, где амплитуды вынужденных колебаний практически не зависят от α и определяются величиной массы m^* .

Пассивная виброизоляция машин и приборов, подверженных случайным толчкам, должна иметь коэффициент неупругого сопротивления $\gamma_a \geq 0,04 \div 0,05$, что может быть достигнуто применением демпферов вязкого трения, воздушных демпферов и, в частности, комбинированных виброизоляторов из стальных пружин и резиновых элементов.

При устройстве комбинированных виброизоляторов целесообразно применять пористую резину. Для пористой резины можно принимать динамический модуль упругости $E_d = 5 \div 15 \text{ кг/см}^2$ и допускаемое напряжение $\sigma = 0,2 \text{ кг/см}^2$.

При пассивной виброизоляции нельзя допускать возникновения сил сухого трения, препятствующих перемещениям изолируемой установки относительно поддерживающей конструкции.

* Однако если углы наклона виброизолированной установки, возникающие от действия временных статических нагрузок, превышают допускаемые величины, то в этом случае рекомендуется увеличить жесткость виброизоляторов, сохранив прежнюю величину коэффициента передачи, т. е. соответственно увеличив массу виброизолированной установки.

Виброизолирующие материалы

Основными требованиями к виброизолирующим материалам, применяемым для изготовления вибропрокладок, являются малый динамический модуль упругости (меньше 120 кг/см^2), механическая прочность и долговечность.

Величины допускаемой нагрузки σ в кг/см^2 и динамического модуля упругости E_d в кг/см^2 некоторых материалов приведены в табл. 39.

39. Допускаемые нагрузки и модули упругости некоторых материалов

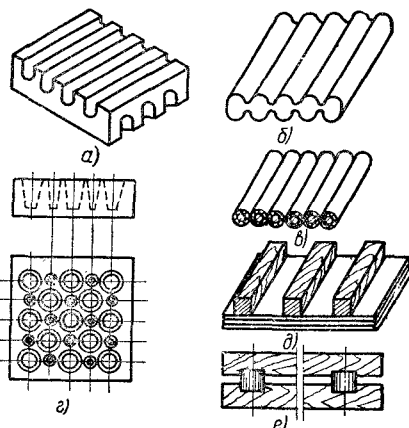
Материал	Допускаемая нагрузка σ в кг/см^2	Динамический модуль упругости E_d в кг/см^2
Резина губчатая . . .	0,3	30
„ мягкая . . .	0,8	50
„ в виде ребристых плит и плит с отверстиями . . .	0,8—1,0	40—50
Резина специальных сортов . . .	3—4	40—120
Пробка натуральная	1,5—2	30—40
Плиты из пробковой крошки . . .	0,6—1	60
Войлок мягкий . . .	0,2—0,3	20
„ жесткий . . .		
прессованный . . .	1,4	90
Войлок с прослойкой пробки . . .	2	80

Упругие прокладки под агрегатами, работающие в режиме переменных нагрузок, со временем ухудшают свои упругие свойства даже при нормальном статическом давлении: резина твердеет, войлок слеживается. Поэтому следует предусматривать периодическую замену прокладок под машинами (войлочных — примерно через 2—3 года, резиновые и пробковые прокладки являются более долговечными).

При осуществлении виброизоляторов из резины необходимо учитывать, что резина малосжимаема и что сжатие или растяжение куса резины происходит только за счет боковых деформаций. Поэтому резиновые прокладки должны иметь форму, допускающую свободное выпучивание резины в стороны, например форму ребристых или дырчатых пластин (фиг. 18, а, б).

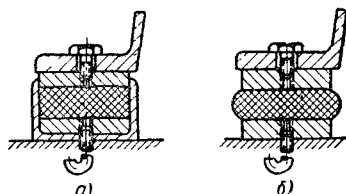
Распространенной в практике ошибкой является установка агрегатов на большом куске листовой резины. Резина при этом осаживается очень мало, так как боковая деформация ее затруднена, поэтому такая установка агрегата мало отличается от

жесткой. Если для прокладок используется листовая резина, то каждая прокладка должна быть выполнена в виде элемента, ширина которого не должна превышать толщины более чем в 4 раза,



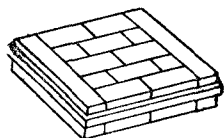
Фиг. 18. Резиновые прокладки: а — ребристая; б — прессованная резина; в — резиновые цилиндры, шитые проволокой в виде ребристого ковра; г — листовая; д — резиновое полотно с колосниками; е — резиновые цилиндры.

что позволит прокладке раздаваться в стороны. На фиг. 19 показаны примеры неправильной и правильной установки агрегата на резиновых прокладках.



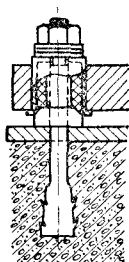
Фиг. 19. Установка агрегата на резиновых прокладках: а — неправильная; б — правильная.

Сжатие пробки и войлока происходит за счет внутренних пор в материале, поэтому такие прокладки можно укладывать под агрегатом в виде сплошных листов. Для повышения механической прочности пробковые прокладки собираются из отдельных пробковых плит в секции, заключенные в стальную обойму (фиг. 20).

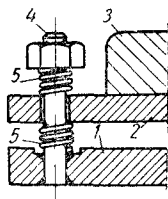


Фиг. 20. Пробковая плита.

Войлок антисептируют и укладывают в пакеты из пергамина. После упаковки войлока пакеты промазывают по швам горячим битумом.



Фиг. 21. Упругая прокладка в виде резинового башмака



Фиг. 22. Установка станины станка на пружины: 1 — нижняя монтажная плита; 2 — верхняя монтажная плита; 3 — станина; 4 — стяжной болт; 5 — пружины.

Применение упругих элементов для виброизоляции небольших станков может производиться, как показано на фиг. 21 и 22.

РЕМОНТ И УСИЛЕНИЕ ФУНДАМЕНТОВ

Ремонт и исправление дефектов фундаментов [21]

Масло, попадающее при работе оборудования на фундамент, глубоко проникает в бетон и кирпичную кладку и делает их рыхлыми и нестойкими.

При обнаружении масла часть массива фундамента удаляется путем его подрубки на 40—50 см ниже пропитанного маслом слоя.

До наращивания фундамента хорошо очищенную поверхность его следует насечь, промыть чистой водой, а затем цементным раствором. Для наращивания фундамента необходимо применять бетон марки не менее 150.

Отколы фундамента сейчас же после их обнаружения должны тщательно заделываться.

При ремонте неглубоких трещин в фундаменте допускается частичное удаление материала и наращивание нового.

При этом материал следует удалять так, чтобы была получена ступенчатая форма с горизонтальными площадками.

При скалывании небольшой части фундамента поверхность излома основного массива освежают, затем в нем вырубают

штрабы для установки арматуры, после чего бетонировать.

Сквозные трещины в фундаменте в отдельных случаях могут заделываться. Для этого они должны быть разделаны и зацементированы так, чтобы цементный раствор заполнил всю трещину.

В случае образования пустот в бетоне фундамента или сооружения его на тощем бетоне усиление может быть произведено методом внутреннего цементирования — инъекции. В таких случаях качество фундамента проверяют пробным бурением и заполнением скважин водой. По уходу воды из скважин судят о пористости фундамента. Способ инъекции состоит в том, что жирный цементный раствор (например, 1 часть воды и 1 часть цемента по весу) под давлением от 2 до 8 атмосфер нагнетается в различные участки массива фундамента. Цемент необходимо применять марки не менее 400.

До производства таких работ фундамент должен быть обнажен, штукатурка снята.

Раствор желательно нагнетать одновременно в несколько смежных скважин.

Ремонт фундаментов формовочных машин

В процессе эксплуатации формовочных машин могут возникать следующие дефекты:

- 1) разрушение или износ подушки;
- 2) деформация опорной плиты;
- 3) трещины и скалывание части фундамента.

Дубовая подушка, подлитая цементным раствором, должна быть прострогана на месте.

Свободно лежащая подушка может быть прострогана на станке.

Дефектные брусья деревянной подушки должны при ремонте заменяться новыми.

Деформированная опорная плита прострагивается с обеих сторон до достижения прямолинейности и параллельности сторон в пределах 0,1 мм.

Дефекты фундамента устраняются:

- 1) снятием расколовшейся части фундамента путем срубания ее и выравнивания рихтовкой или абразивным кругом;

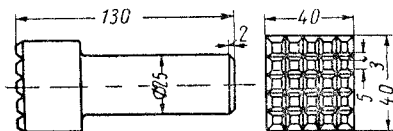
- 2) при небольших разрушениях поверхности фундамента подливкой цементным раствором.

Горизонтальность верхней опорной плоскости фундамента выверяется при помощи линейки и уровня. Линейка и уровень устанавливаются на фундаменте при проверке в шести различных положениях.

Негоризонтальность верхней поверхности фундамента формовочной машины допускается не более 0,1 мм на 1 м его длины. Если при проверке негоризонтальность будет превышать установленный допуск, то производится выравнивание (рихтовка) поверхности.

Выравнивание поверхности фундамента нельзя производить сильными ударами зубилом, молотком. Во время скалывания могут получиться трещины по краям фундамента или около колодцев для анкерных болтов и встряхивающего цилиндра. Скалыванием нельзя получить ровной и горизонтальной поверхности. Последняя в этом случае быстро теряет свою горизонтальность при работе встряхивающего механизма.

Выравнивание фундамента производится специальным инструментом, состоящим из рихтовки (фиг. 23) и молотка,



Фиг. 23 Рихтовка

или одним рихтовальным молотком («рябчиком») (фиг. 24). Легкими ударами молотка верхняя поверхность бетона распыляется на незначительную глубину.

Процесс выравнивания поверхности состоит из следующих операций. На основание деревянной линейки наносится слой краски, после чего линейка накладывается основанием на фундамент. Затем линейку передвигают по поверхности фундамента.

Закрашенные места разбивают ударами рихтовального молотка. Указанную операцию повторяют несколько раз до получения прямолинейной и горизонтальной поверхности фундамента. К выровненной поверхности фундамента должно приле-

гать не менее 80—85% площади металлического основания формовочной машины.

Понижение фундамента после выравнивания его поверхности компенсируют увеличением толщины подушки, заменой опорной плиты или каким-либо другим способом.

Опускание механизма встряхивания вследствие исправления фундамента должно быть не более 1—2 мм.

Ремонт фундаментов штамповочных молотов

В фундаментах штамповочных молотов наибольшему износу и разрушению подвергается литевая его поверхность под амортизационной деревянной подушкой. Эта поверхность в результате выработки бетона может утрачивать прямолинейность и горизонтальность. Поэтому при ремонтах эту поверхность приходится периодически исправлять.

Исправление производят способами, описанными в разделе «Ремонт фундаментов формовочных машин».

Усиление фундаментов молотов

Фундаменты молотов усиливают обычно путем увеличения площади их подошвы и веса. Последнее достигается устройством вокруг фундаментов железобетонной обоймы.

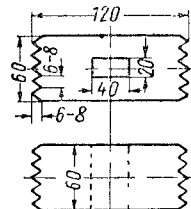
Так как рыть глубокие котлованы с соответствующими откосами в действующем цехе невозможно и в большинстве случаев неэкономично, то ограждение котлованов шпунтом, то усиление осуществляется чаще всего при помощи опускных колодцев. Наиболее жесткой формой опускных колодцев является цилиндрическая. Но такие колодцы плохо сопрягаются с прямоугольными фундаментами. Для колодцев прямоугольной формы требуется увеличение сечения их стенок. Поэтому обычно опускные колодцы делают гранеными.

Работа по усилению фундамента при помощи опускных колодцев состоит из следующих основных операций (фиг. 25):

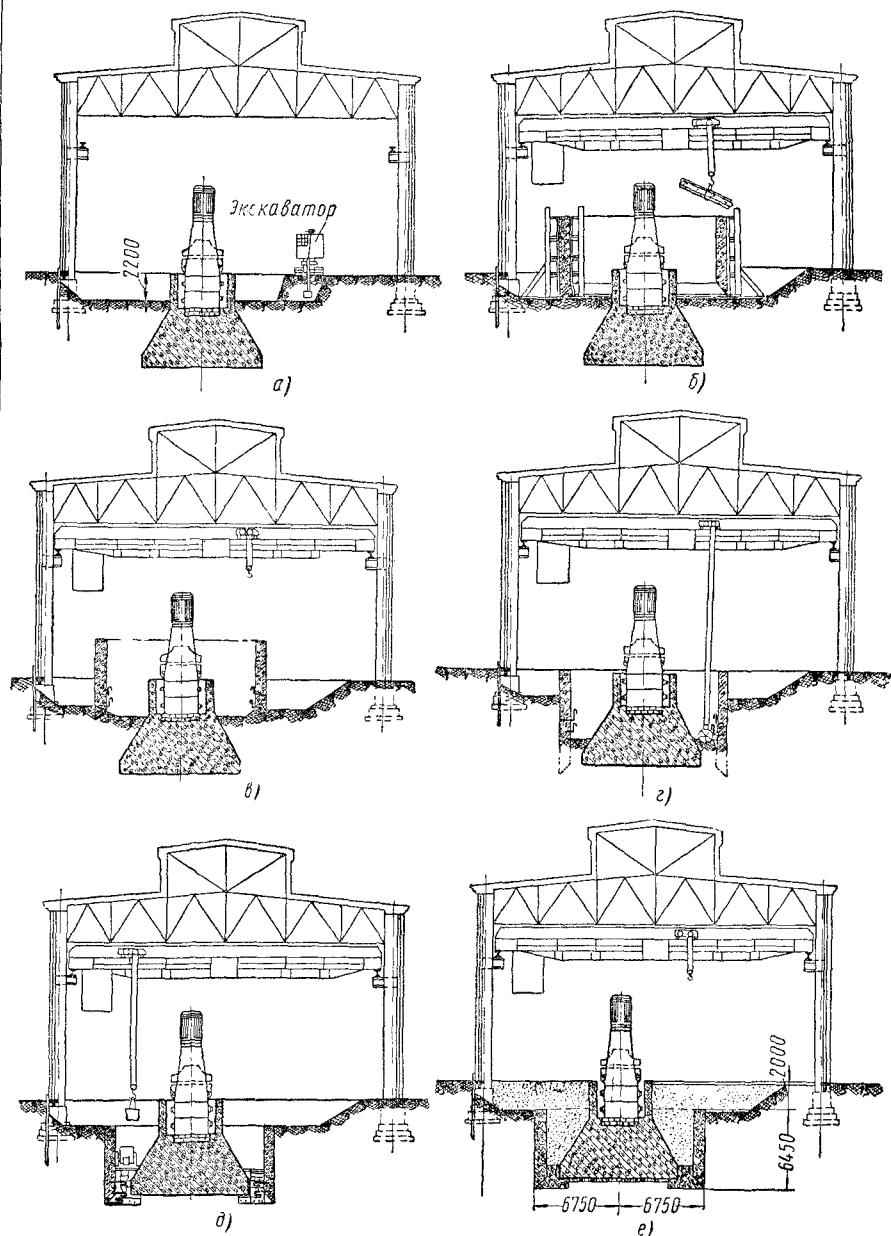
1) Устройство котлована для закладки опускного колодца (фиг. 25, а).

2) Установка опалубки, арматуры и укладка бетона в блок опускного колодца (фиг. 25, б).

3) Распалубка блока опускного колодца, вытаскивание лежней и подкладок из-под ножа колодца, подбивка под нож песчаного грунта (фиг. 25, в); наиболее ответственный этап работы — пересадка соору-



Фиг. 24 Рихтовальный молоток.



Фиг. 25. Последовательность усиления фундамента под молот.

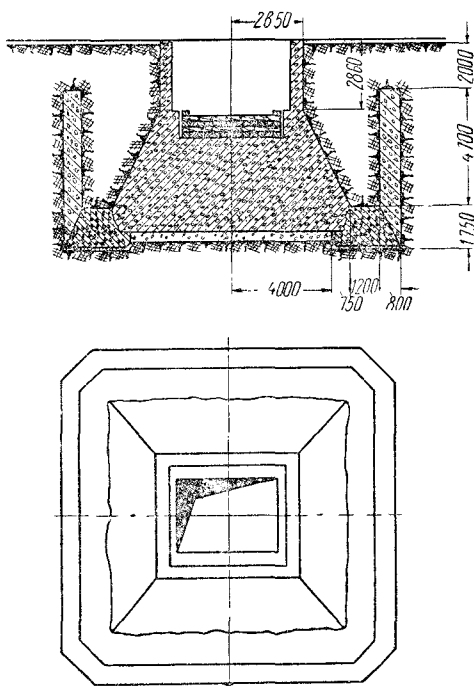
жения с подкладок на грунт, так как при неправильной работе может возникнуть сильный перекося, исправление которого сопряжено со значительными трудностями; ликвидация полученного перекося и надежная посадка колодца осуществляются погружением его в грунт на глубину 1 м с разработкой грунта вручную.

4) *Дальнейшее погружение колодца* до глубины меньшей проектной отметки на 2—2,5 м осуществляется механизированной выемкой грунта при помощи грейфера, подвешенного к мостовому крану (фиг. 25, е); до проектной отметки вследствие стесненных условий грунт вынимают вручную; опускание колодцев с подмычкой грунта запрещено.

5) *Выравнивание основания и укладка бетонной подготовки под обойму.*

Ведется подготовка к бетонированию обоймы. Отгибаются выпуски, заделанные в стенки опускного колодца. Устраиваются металлические монтажные козлы для установки арматуры. По козлам устраивается рабочий настил, к которому крепятся хоботы для разлива бетона (фиг. 25, д). Бетонируют непрерывно. Непрерывность укладки достигается сплошным бетонированием при продолжительности укладки каждого слоя не более 2 час. Часовая производительность бетоноприготовительного узла для усиления, например, фундамента 9-тонного молота, должна составить 5 м. К бетонируемому сооружению бетон подается бадьями с открывающимися днищами. Бадьи подвешивают к мостовому крану. К месту укладки бетон подается тачками и опускается по хоботам; трамбуют глубинными вибраторами.

Для придания конструкции монолитности обойма соединяется с опускным колодцем и фундаментом выпусками. В опускной колодец выпуски закладываются при его изготовлении. К арматуре существующего фундамента выпуски привариваются



Фиг. 26. Усиленный фундамент под 9-тонный молот.

после обкалывания его поверхностей, обращенных к обойме.

Арматура обоймы и рабочий настил для ее бетонирования монтируются на металлических козлах, остающихся затем в теле бетона. Монтажные козлы являются одновременно стяжками для арматуры и поэтому должны крепиться к ней сваркой.

6) *Засыпка котлована грунтом* с тщательным трамбованием (фиг. 25, е).

Усиленный таким образом фундамент 9-тонного молота показан на фиг. 26.

ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ

1. Технические условия проектирования фундаментов под машины с динамическими нагрузками (ТУ 60-49), Стройиздат, 1950.

2. Нормы и технические условия проектирования естественных оснований зданий и промышленных сооружений (ННТУ 127-55), Стройиздат, 1955.

3. Технические условия на производство и приемку строительных и монтажных работ, раздел III. Бетонные и железобетонные работы, Стройиздат, 1955.

4. Строительные нормы и правила. Часть 1. Строительные материалы, детали и конструкции, Стройиздат, 1955.

5. Справочник мастера-строителя, под общ. ред. канд. техн. наук Е. М. Куприянова, Стройиздат, 1953.

6. Справочник мастера-строителя, Государственное издательство БССР, Редакция научно-технической литературы, 1955.

7. Энциклопедический справочник «Машиностроение», т. 14, Машгиз, 1946.

8. Савинов О. А., Фундаменты под машины, Стройиздат, 1955.

9. Васильев Б. Д., Основания и фундамен-
ты, Стройиздат, 1955.

10. Славин И. И., Производственный шум
и борьба с ним, Профиздат, 1955.

11. Скрамтаев Б. Г., Попов Н. А.,
Герливанов Н. А., Мудров Г. Г., Строи-
тельные материалы, Промстройиздат, 1954.

12. Гельцель В. А., Половинкин П. И.,
Чунаев М. В., Конструкция и расчет формо-
вочных машин, Машгиз, 1950.

13. Луканин Б. К., Пневматические фор-
мовочные машины, Машгиз, 1954.

14. Безухов К. И., Фундаменты металлоре-
жущих станков, Машгиз, 1947.

15. Физдель И. А., Дефекты бетонных и
каменных сооружений и методы их устранения,
Стройиздат, 1953.

16. Игнатов А. А., Штамповочные молоты,
Машгиз, 1950.

17. Инструкция по проектированию и расчету
виброизоляции машин с динамическими нагрузка-

ми и оборудования, чувствительного к вибрациям
(И 204-55). Стройиздат, 1956.

18. Корчинский И. Л., Натурные ис-
пытания строительных конструкций, Строи-
издат, 1951.

19. Инструкция по проектированию и расче-
ту несущих конструкций зданий под машины
с динамическими нагрузками (И 200-54
МСПМХП),
Стройиздат, 1955.

20. Правила техники безопасности для строи-
тельно-монтажных работ, Стройиздат, 1953.

21. Кираковский Н. Ф., Ремонт и
монтаж стационарных двигателей внутрен-
него сгорания, Машгиз, 1955.

22. Технические условия проектирования
фундаментов под машины с динамическими
нагрузками (СН-18-58), Стройиздат, 1958.

23. Макарович М. Ф., Соболев-
ский Ю. А., Фундаменты под машины. Госу-
дарственное издательство БССР, редакция научно-
технической литературы, 1953.

АВТОРЫ ТОМА

И. И. АБРАМОВИЧ, проф., А. Г. АНБИНДЕР, инж., Е. В. АНТОШИН, инж., Л. А. АРХАНГЕЛЬСКИЙ, инж., С. С. АСТАФЬЕВ, канд. техн. наук, Л. А. АФАНАСЬЕВ, инж., И. И. БАРГШТЕЙН, инж., Ю. С. БОРИСОВ, инж., И. Л. БЯЛЫЙ, инж., А. М. ВЕТВИЦКИЙ, инж., Д. Х. ГЕРШМАН, инж., З. М. ГИНЗБУРГ, инж., А. К. ГОРОШКИН, инж., Х. И. ЕВДОКИМЧИК, инж., В. А. ЖИХ, канд. техн. наук, Е. И. ЗАБЫВАЕВ, канд. техн. наук, В. С. ЗОБИН, инж., Г. П. ИВАНОВ, канд. техн. наук, П. Н. КАПРАНОВ, инж., В. М. КОНДРАТОВИЧ, инж., С. К. КОСТЕРЕВ, инж., Н. Н. КОВАЛЬСКИЙ, инж., Л. А. КРУГЛЯК, инж., Т. П. ЛУКЬЯНОВ, инж., А. С. ЛАПИДУС, канд. техн. наук, Г. А. ЛИВШИЦ, канд. техн. наук, И. М. ЛИШАНСКИЙ, инж., Е. Я. МИГАЛИНА, инж., Р. А. НОСКИН, канд. техн. наук, А. С. ПРОНИКОВ, д-р техн. наук, З. Л. РЕГИРЕР, канд. техн. наук, М. А. РУДЫК, инж., Н. В. СОКОЛОВА, инж., В. В. САКЛИНСКИЙ, инж., В. П. САХАРОВ, инж., М. Х. ТОҚАРЬ, инж., Г. И. ТКАЧЕВСКИЙ, инж., Ю. А. ХРУНИЧЕВ, канд. техн. наук, К. Г. ЦОПИН, инж., Е. М. ШЕЙНГОЛЬД, инж.

Редактор инж. К. Г. Цопин

*Редакция справочной литературы
Зав. редакцией инж. В. И. КРЫЛОВ*

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОСНОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ VIII

Глава I. ВОССТАНОВЛЕНИЕ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ РЕМОНТЕ 1

Механические способы восстановления поломанных и изношенных деталей (канд. техн. наук *Р. А. Носкин* и инж. *Л. А. Кругляк*) 1

Частичное использование изношенных деталей 1

Восстановление деталей механическим обжатием и раздачей 1

Склеивание (инж. *Е. Я. Мигалина* и инж. *П. Н. Капранов*) 6

Клеи, применяющиеся при ремонте оборудования 6

Применение карбинольного клея-цемента 23

Применение клея БФ-2 24

Склеивание прочими клеями 24

Металлизация распылением (инж. *Е. В. Антошин*) 25

Сущность способа и его особенности 25

Аппаратура для металлизации 26

Строение и свойства металлизационных покрытий 33

Области применения металлизации при ремонте оборудования 34

Технологический процесс 35

Проволока для металлизации 41

Контроль качества металлизационных покрытий 42

Охрана труда и техника безопасности 42

Сварка и наплавка металлов (инж. *Д. Х. Гершман* и *В. М. Кондратович*) 43

Газовая сварка и резка 43

Электрическая дуговая сварка 52

Особые методы сварки 64

Контроль сварных соединений 64

Основные правила производства ответственных сварочных работ 68

Наплавка (инж. *А. Г. Анбингер* и инж. *И. И. Барштейн*) 69

Гальванические покрытия и химическая обработка металлов (канд. техн. наук *В. А. Жих*) 81

Сущность методов и их технологические особенности 81

Области применения 83

Хромирование 83

Железнение (осталивание) 88

Никелирование 89

Меднение 90

Цинкование 91

Свинцевание 92

Фосфатирование 92

Электроискровая обработка деталей машин (канд. техн. наук *С. С. Астафьев* и канд. техн. наук *Г. П. Иванов*) 93

Общие сведения 93

Размерная электроискровая обработка 94

Электроискровое упрочнение и восстановление изношенных деталей машин 102

Техника безопасности при электроискровой обработке 109

Термическая и химико-термическая обработка металлов (канд. техн. наук *З. Л. Регирер*) 109

Термическая обработка стали 109

Химико-термическая обработка стали 132

Термическая обработка чугуновых деталей 141

Контроль качества термической и химико-термической обработки 142

Некоторые способы качественного анализа 143

Правка деталей при термической обработке 144

Примерная планировка оборудования термического отделения 144

Точность и качество поверхности при механической обработке (д-р техн. наук *А. С. Проциков*) 145

Точность и чистота поверхности при разных методах механической обработки 145

Влияние износа и конструкции направляющих на точность работы станков 149

Инструмент для обработки металлов резанием (инж. *С. К. Костерев*) 152

Резцы 152

Сверла 163

Зенкеры 166

Развертки 169

Фрезы 172

Зуборезный инструмент 183

Протяжки 193

Резьбонарезной инструмент 197

Выбор шлифовального круга (инж. *Л. А. Кругляк*) 200

Режимы резания (инж. *Л. А. Кругляк*) 205

Обтачивание внешних цилиндрических и конических поверхностей на токарных станках	205	Горизонтально-ковочные машины	342
Растачивание внутренних цилиндрических и конических поверхностей	209	Паро-гидравлические прессы	344
Припуски на механическую обработку (инж. Л. А. Кругляк)	223	Кривошипные прессы	345
Универсальные приспособления для механической обработки (инж. А. К. Горюшкин)	229	Ремонт и изготовление деталей грузоподъемных машин (инж. Е. М. Шейнгольд и инж. И. Л. Бялый)	346
Зажимы	229	Общие требования к материалам	346
Вращающиеся центры	231	Ходовые колеса	346
Оправки	232	Грузозахватные органы	347
Патроны	236	Барабаны	348
Тиски машинные	240	Блоки	348
Столы поворотные	242	Изготовление биметаллических деталей (инж. Ю. С. Борисов)	348
Делительные головки	244	Метод стационарной заливки	349
Прочие приспособления	245	Центробежный метод заливки	350
Кинематическая настройка металлорежущих станков (д-р техн. наук А. С. Проников и канд. техн. наук Ю. А. Хрунычев)	251	Изготовление биметаллических червячных колес, гаек и других деталей	361
Общие положения кинематической настройки	251	Металлокерамические детали (инж. В. В. Саклинский)	363
Виды передач и их передаточные отношения	251	Основные сведения	363
Механизмы настройки станков	253	Применение металлокерамических деталей при ремонте оборудования	367
Подбор сменных зубчатых колес	256	Исходные материалы	367
Настройка токарно-винторезных станков	259	Технология изготовления металлокерамических деталей	370
Настройка делительных головок при работе на фрезерных станках	265	Применение и изготовление неметаллических деталей и изделий при ремонте оборудования	372
Настройка зуборезных станков	270	Детали из древесно-слоистых пластиков (инж. М. А. Рубик)	372
Зубодолбежные станки	279	Пластмассовые накладные направляющие (канд. техн. наук А. С. Лапидус)	385
Зубострогальные станки для нарезания конических прямозубых колес	282	Уплотнительные детали, фрикционные диски и прорезиненные ремни (инж. М. Х. Токарь и инж. А. М. Ветвицкий)	394
Зубошлифовальные станки	287	Защитные обкладки из резины (инж. Ю. С. Борисов)	404
Способы повышения кинематической точности винторезных и зуборезных станков (инж. Л. А. Архангельский, инж. Г. И. Ткачевский и канд. техн. наук Г. А. Лившиц)	290	Г л а в а II. СЛЕСАРНЫЕ, ТАКЕЛАЖНЫЕ И ТРУБОПРОВОДНЫЕ РАБОТЫ ПРИ РЕМОНТЕ ОБОРУДОВАНИЯ	408
Прямое повышение точности звеньев кинематических цепей	290	Слесарно-монтажный инструмент (инж. Л. А. Афанасьев)	408
Компенсация ошибок кинематических цепей	292	Слесарный инструмент	408
Улучшение точностных характеристик станков путем изменения их кинематических параметров	296	Слесарные молотки	408
Стабилизация ошибок кинематических цепей	297	Зубила и крейцмейсели	409
Технология изготовления деталей металлорежущих станков (инж. Л. А. Кругляк)	298	Бородки	410
Обработка валов и шпинделей	298	Кернеры	410
Изготовление ходовых винтов	303	Обжимки ручные	410
Обработка зубчатых колес	307	Напильники	411
Обработка червячных колес и червяков	311	Наффили	411
Обработка шкивов и маховиков	317	Воротки для круглых плашек	411
Изготовление пружин	317	Ручные ножовки	413
Изготовление и ремонт основных деталей кузнечно-прессового оборудования (инж. Э. Л. Гинзбург)	319	Циркули разметочные	413
Штамповочные молоты	319	Тиски слесарные	414
Ковочные молоты	340	Монтажный инструмент	415
		Ключи гаечные	415
		Ключи трубные	415
		Отвертки слесарно-монтажные	419
		Плоскогубцы, круглогубцы и острогубцы	420

Механизированный инструмент (инж. К. Г. Цопин)	421	Теплоизоляция трубопроводов	481
Электрифицированный инструмент	421	Раскраска трубопроводов	483
Электросверлилки по металлу	421	Такелажные работы при ремонте оборудования (проф. И. И. Абрамевич)	484
Электроножницы	422	Производство такелажных работ	484
Электромотки	423	Застроповка и подъем грузов	485
Электрошлифовальные машины	424	Канаты	486
Преобразователи частоты тока	425	Грузовые цепи	496
Основные неисправности электрифицированного инструмента	425	Стропы	497
Техника безопасности при работе электроинструментом	426	Блоки	501
Пневматический инструмент	426	Полиспасты	502
Пневматические инструменты ударного действия	427	Домкраты	506
Пневматические инструменты вращательного действия	428	Тали	508
Принцип работы ротационных двигателей	430	Тельферы	511
Пневматические инструменты давящего действия	431	Лебедки	513
Техника безопасности при работе пневматическим инструментом	431	Треноги и козлы	517
Общеслесарные, слесарно-ремонтные и сборочные работы (инж. Е. М. Шейнгольд и инж. И. Л. Бялый)	431	Монтажные стрелы	518
Разборка машин при ремонте	431	Мачты	520
Слесарные операции при ремонте машин	438	Ванты и якоря для закрепления мачт	525
Правка деформированных деталей	438	Легкие передвижные краны, автопогрузчики и ручные тележки	528
Ремонт резьбовых отверстий	440	Ручные и электрические мостовые краны	530
Пришабривание плоскостей и подшипников	440	Подъем мостовых кранов	530
Замена пришабривания механической обработкой	442	Перемещение грузов по горизонтальной и наклонной плоскостям	531
Притирка	443	Г л а в а III. ОТДЕЛЮЮЩИЕ РАБОТЫ ПРИ РЕМОНТЕ ОБОРУДОВАНИЯ	539
Пайка, лужение и заливка баббитом (инж. Е. М. Шейнгольд и инж. И. Л. Бялый)	444	Декоративное шабрение (инж. Ю. С. Борисов)	539
Пайка и лужение	444	Декоративное шлифование (инж. Ю. С. Борисов)	539
Заливка вкладышей подшипников баббитом	447	Полірование (инж. Ю. С. Борисов)	541
Сборочные работы (инж. Е. М. Шейнгольд и инж. И. Л. Бялый)	449	Механическое и химико-механическое полирование	541
Организация сборочных работ	449	Гидрополирование	545
Сборка неподвижных соединений	449	Электрохимическое полирование	546
Монтаж подшипников качения	452	Декоративные гальванические покрытия (канд. техн. наук В. А. Жих)	551
Болтовые соединения	456	Оксидирование	552
Пригонка стыков	457	Окраска оборудования и металлоконструкций (инж. Н. Н. Ковальский)	554
Установка штифтов	458	Общие сведения	554
Сборка ременных и цепных передач	458	Материалы, применяющиеся при окраске оборудования и металлоконструкций	554
Сборка зубчатых и червячных передач	458	Технология окраски	558
Балансировка вращающихся деталей и узлов (инж. Н. В. Соколова)	460	Оборудование и аппаратура для производства окрасочных работ	567
Способы статической балансировки	461	Изготовление металлических таблиц, указательных надписей, схем и номограмм для оборудования (канд. техн. наук В. А. Жих)	570
Способы динамической балансировки	462	Схема технологического процесса изготовления металлических таблиц, номограмм и пр. фотохимическим способом	570
Трубопроводные работы (инж. В. С. Зобин)	465	Г л а в а IV. КОНТРОЛЬ ДЕТАЛЕЙ И ТОЧНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ	573
Общие сведения	465	Проверка размеров, геометрической формы деталей и точности расположения поверхности (инж. Н. В. Соколова)	573
Трубы	465		
Прокладочные материалы	472		
Набивка	476		
Сборка трубопроводов	478		
Опоры трубопроводов	481		

Техника выполнения проверок геометрии формы и взаимного положения деталей машин (инж. <i>Е. М. Шейнгольд</i> и инж. <i>И. Л. Бялый</i>)	601
Основные правила выполнения проверок	601
Применение плоскостного инструмента	601
Изготовление, эксплуатация и ремонт плоскостного инструмента	604
Проверка прямолинейности направляющих	606
Приспособления для проверки положения узлов и деталей	608
Методы измерения геометрической точности станков (инж. <i>Н. В. Соколова</i>)	616
Проверка плоскостности рабочих органов станков, несущих обрабатываемое изделие	616
Проверка прямолинейности движения рабочих органов станка, несущих изделие и режущий инструмент	616
Прямолинейность движения, проверяемая в вертикальной плоскости	616
Прямолинейность движения, проверяемая в горизонтальной плоскости	618
Проверка правильности вращения рабочих органов станка, несущих обрабатываемое изделие или инструмент	619
Проверка параллельности опорной поверхности своему первоначальному положению	620
Проверка параллельности движения	620
Проверка взаимного расположения осей	623
Проверка кинематической точности станков (инж. <i>Л. А. Архангельский</i> , инж. <i>Г. И. Гичевский</i> и канд. техн. наук <i>Г. А. Лишици</i>)	624
Геометрические и кинематические ошибки станков	624
Кинематические цепи зуборезных и винторезных станков и методы их контроля	631
Контроль точности кинематических цепей, связывающих два вращающихся звена	633
Косвенный контроль кинематической точности	633
Непосредственный контроль точности кинематических цепей	634
Контроль точности кинематических цепей, связывающих вращающиеся и поступательно движущиеся звенья	641
Зуборезные станки	641
Винторезные станки	643
Определения основных составляющих функциональной ошибки	644
Исключение влияния неточности измерительных средств при определении функциональных кинематических ошибок	647
Нормы точности оборудования (инж. <i>Н. В. Соколова</i>)	649
Металлорежущие станки	649
Кузнечно-прессовое оборудование	739
Проверка жесткости металлорежущих станков (инж. <i>Н. В. Соколова</i>)	755
Глава V. ОСНОВНЫЕ СЛЕСАРНО-СБОРОЧНЫЕ РАБОТЫ И ВЫВЕРКА КООРДИНАТ ПРИ РЕМОНТЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ (инж. <i>Е. М. Шейнгольд</i> и инж. <i>И. Л. Бялый</i>)	760
Ремонт металлорежущих станков	760
Ремонт станин	760
Выбор технологических и поверочных баз при исправлении направляющих станин	760
Способы исправления и проверки направляющих станин	762
Обработка направляющих станин на станках	767
Механическая обработка направляющих станин с помощью переносных приспособлений	774
Исправление направляющих станин обработкой вручную	781
Заделка задиров у направляющих станин	784
Повышение износоустойчивости направляющих станин (инж. <i>И. М. Лишанский</i>)	768
Применение теории размерных цепей и компенсаторов при ремонте металлорежущих станков	791
Ремонт основных узлов и корпусных деталей	795
Токарно-винторезные станки типа 1Д62	795
Револьверные станки типа 136, 137	800
Токарные многорезцовые станки	802
Четырехшпиндельные прутковые автоматы	806
Горизонтально-фрезерные станки типа 682	809
Продольно-строгальные станки	811
Карусельные станки	817
Зубофрезерные станки типа 532	821
Зубодолбежные станки типа 516	825
Зубострогальные станки типа 526	831
Радиально-сверлильные станки	836
Горизонтально-протяжные станки типа 7540	841
Координатно-расточные станки	845
Ремонт кузнечно-прессового оборудования	849
Штамповочные молоты	849
Пневматические ковочные молоты	863
Горизонтально-ковочные машины	866
Кривошипные прессы	872
Ремонт литейного оборудования	874
Формовочные машины	874
Литейные ковши	894
Ремонт мостовых кранов	898
Тормоза	898
Тележки	899
Мосты	900
Испытание кранов	903
Подкрановые пути	903

Глава VI. РЕМОНТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ	906
Ремонт промышленных вентиляционных установок (инж. В. С. Зобин)	906
Общие сведения	906
Основные требования к изготовлению деталей и сборке центробежных вентиляторов	906
Основные требования к выполнению воздуховодов	907
Ремонт вентиляционных установок	909
Испытание вентиляционных установок	923
Техника безопасности при эксплуатации и ремонте вентиляционных установок	924
Ремонт кислородного оборудования (инж. Х. И. Евдокимчик)	924
Основные типы кислородных установок и принципы их работы	924
Основное оборудование кислородной установки высокого давления	926
Возможные неисправности кислородных установок	927
Смазка кислородного оборудования	933
Подготовка кислородного оборудования к ремонту	934
Регистрация и периодическое освидетельствование кислородного оборудования	937
Ремонт кислородопроводов	937
Ремонт ацетиленовых установок (инж. Х. И. Евдокимчик)	938
Основные типы ацетиленовых генераторов и принципы их работы	938
Ремонт ацетиленовых генераторов	939
Возможные неисправности ацетиленового генератора	939
Регистрация, периодическое освидетельствование и проверка ацетиленовых генераторов и станций	939
Ремонт и испытания ацетиленопроводов	941
Ремонт котельных установок	942
Общие сведения	942
Паровые котлы	942
Водяные экономайзеры	943
Воздухоподогреватели	943
Топочные устройства паровых котлов	943
Вспомогательные устройства котельных установок	947
Подготовка к ремонту котельного агрегата	947
Очистка поверхностей нагрева	948
Ремонт поверхностей нагрева	949
Материалы, применяемые при изготовлении и ремонте деталей и элементов котлоагрегатов	951

Ремонт трубной системы котла и пароперегревателя	952
Ремонт барабанов котлов	964
Сварочные работы при ремонте котлов	969
Ремонт арматуры котельного агрегата	971
Ремонт цепных решеток	974
Работы по ремонту цепных решеток	974
Ремонт обмуровки котла	976
Ремонт электрооборудования (инж. Т. П. Лукьянов)	978
Ремонт электрических машин	978
Ремонт электрической аппаратуры	992
Глава VII. ИЗГОТОВЛЕНИЕ И РЕМОНТ ФУНДАМЕНТОВ ПОД ОБОРУДОВАНИЕ (инж. В. П. Сахаров)	1006
Общие требования к фундаментам оборудования	1006
Назначение фундаментов	1006
Устройство фундаментов	1006
Определение основных размеров фундаментов	1007
Грунты	1008
Расчетные сопротивления грунтов	1010
Материалы для фундаментов оборудования	1012
Цементы	1012
Заполнители для бетонов	1018
Бетоны	1019
Добавки, повышающие стойкость бетонов в водной среде	1021
Бутовый камень	1021
Кирпич строительный обыкновенный	1021
Изготовление фундаментов	1022
Подготовительные работы	1022
Изготовление кирпичных фундаментов	1023
Изготовление бетонных фундаментов	1024
Фундаменты под молоты	1035
Фундаменты формовочных машин	1040
Фундаменты под машины с кривошипно-шагунными механизмами	1041
Виброизоляция оборудования	1043
Основные положения	1043
Расчет виброизоляторов	1045
Виброизолирующие материалы	1051
Ремонт и усиление фундаментов	1055
Ремонт и исправление дефектов фундаментов	1055
Ремонт фундаментов формовочных машин	1055
Ремонт фундаментов штамповочных молотов	1056
Усиление фундаментов молотов	1056

ОСНОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Обозначения	Наименование
a_n	Ударная вязкость (удельная) при надрезе образца
H_B	Твердость по Бринелю
H_n	Твердость по пирамиде
$H_{от}$	Твердость по отскоку
H_{RA}, H_{RB}, H_{RC} (R_A, R_B, R_C)	Твердость по Роквеллу (соответственно по шкале A, B или C)
H_u	Твердость по царапине
ψ	Относительное сужение при разрыве
σ_v	Предел прочности (временное сопротивление)
$\sigma_{вр}$	Предел прочности при растяжении

СПРАВОЧНИК МЕХАНИКА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ЗАВОДА

В ДВУХ ТОМАХ

Под редакцией
инж. Ю. С. БОРИСОВА
докт. техн. наук А. П. ВЛАДЗИЕВСКОГО
и канд. техн. наук Р. А. НОСКИНА

Том II ТЕХНОЛОГИЯ РЕМОНТА

Ответственный редактор тома
инж. Ю. С. БОРИСОВ



ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Москва 1958

СПРАВОЧНИК МЕХАНИКА
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО
ЗАВОДА. Том II

Технический редактор *Т. Ф. Соколова*

Корректоры: *Ц. И. Будницкая*

и *В. А. Перевозчикова*

Сдано в производство 23/I 1957 г.

Подписано к печати 5/VI 1958 г.

Т-04867. Тираж 40 000 экз.

Печ. л. 66,75. Уч.-изд. л. 91,5

Бум. л. 33,38. Формат 60×92¹/₁₆

Заказ 1720

Типография № 6 УПП Ленсовнархоза,

Ленинград, ул. Монсеенко, 10