

СРЕДНЕЕ  
ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ  
ОБРАЗОВАНИЕ

В.Р. Карпицкий

# ОБЩИЙ КУРС СЛЕСАРНОГО ДЕЛА



УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ



СРЕДНЕЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

---

Серия основана в 2001 году

**В.Р. КАРПИЦКИЙ**

# **ОБЩИЙ КУРС СЛЕСАРНОГО ДЕЛА**

Второе издание

*Допущено  
Министерством образования Республики Беларусь  
в качестве учебного пособия для учащихся учреждений,  
обеспечивающих получение профессионально-технического  
образования по учебной специальности  
«Техническая эксплуатация оборудования»*

*Соответствует  
Федеральному государственному  
образовательному стандарту  
3-го поколения*

Минск  
«Новое знание»

Москва  
«ИНФРА-М»

2012

УДК 682/683(075.32)  
ББК 34.671я723  
К26

**Рецензенты:**

методическая комиссия слесарных профессий Минского государственного профессионально-технического училища № 9 машиностроения;  
профессор кафедры «Новые материалы и технологии» Института повышения квалификации Белорусского национального технического университета, доктор технических наук *Е.Е. Петюшик*

**Карпицкий, В.Р.**

К26      **Общий курс слесарного дела : учеб. пособие / В.Р. Карпицкий. — 2-е изд. — Минск : Новое знание ; М. ИНФРА-М, 2012. — 400 с. : ил. — (Среднее профессиональное образование).**

ISBN 978-985-475-445-1 (Новое знание)

ISBN 978-5-16-004755-3 (ИНФРА-М)

Рассмотрены основные темы курса. Приведены подробные сведения о слесарных операциях, об их назначении; о слесарном инструменте, приспособлениях и оборудовании. Описаны приемы выполнения слесарных операций и их контроль. Даны рекомендации по организации рабочего места и безопасным приемам труда. Отдельная глава посвящена обработке металлов резанием на металлорежущих станках. Качественные иллюстрации значительно облегчают усвоение материала.

Для учащихся профессионально-технических учебных заведений. Может быть использовано учащимися ссузов, а также студентами машиностроительных специальностей технических вузов.

УДК 682/683(075.32)  
ББК 34.671я723

ISBN 978-985-475-445-1 (Новое знание)  
ISBN 978-5-16-004755-3 (ИНФРА-М)

© Карпицкий В.Р., 2006  
© ООО «Новое знание», 2006

## Предисловие

Глубокие качественные изменения, которые наблюдаются во всех отраслях народного хозяйства, предъявляют повышенные требования к профессиональным знаниям рабочих кадров.

В современных условиях, когда объем необходимой человеку информации быстро возрастает, уже невозможно делать ставку на усвоение только определенной суммы знаний. Важно научиться самостоятельно пополнять свои знания и ориентироваться в потоке научно-технической информации.

Государственная система профессионально-технического образования в нашей стране готовит квалифицированные рабочие кадры, которые успешно работают в условиях современного производства, новых рыночных методов хозяйствования, управления и организации труда.

В условиях научно-технического и социального прогресса перед системой профессионально-технического образования стоят сложные и ответственные задачи по дальнейшему повышению качества подготовки молодой рабочей смены. Современный рабочий должен хорошо ориентироваться во всех областях знаний и умело использовать их на практике.

Слесарные работы выполняются в различных отраслях народного хозяйства: машиностроении, строительстве, сельском хозяйстве и др. В соответствии с квалификационной характеристикой слесарь должен обладать не только практическими навыками, но и необходимыми теоретическими знаниями. Овладев основами слесарных работ, в дальнейшем любой слесарь может стать квалифицированным ремонтником, сборщиком, инструментальщиком, контролером. Именно поэтому в системе профессионального образования такое большое внимание уделяется предмету «Слесарное дело».

В последнее время растет потребность в рабочих, которые владеют профессиями широкого профиля и имеют высокую квалификацию. Это, в частности, слесарь механосборочных работ, контролер станочных и слесарных работ, слесарь-ремонтник, слесарь-инструментальщик.

Данное учебное пособие состоит из 18 глав и содержит подробное описание слесарных операций и приемов работ.



При выполнении операций предусмотрено применение механизированного инструмента и различных приспособлений, повышающих производительность труда и качество изделий. Пособие содержит подробное описание оборудования, применяемого для слесарных операций. Особое внимание уделено возможным видам брака и его предупреждению, а также организации рабочего места и безопасным приемам труда при выполнении слесарных операций.

В главе «Основы теории обработки материалов резанием на металлорежущих станках» раскрыта суть обработки деталей на токарных, фрезерных, строгальных и шлифовальных станках, а также рассмотрены конструкции основного оборудования, инструмента и приспособлений. Кроме того, для более качественного усвоения учебного материала и дальнейшего его применения на практике подробно рассмотрена наладка оборудования для выполнения работ.

В главе «Технологический процесс слесарной обработки» дано описание производственного и технологического процессов, элементов техпроцесса.

Каждая глава завершается вопросами и заданиями для самоконтроля разного уровня сложности.

Автор выражает искреннюю благодарность рецензентам — заместителю директора по учебно-производственной работе Минского государственного ПТУ № 9 машиностроения В.В. Солодкому и профессору кафедры «Новые материалы и технологии» Института повышения квалификации БНТУ, доктору технических наук Е.Е. Петюшику за внимательное прочтение рукописи и ценные критические замечания.

# 1

## ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СЛЕСАРНОМ ДЕЛЕ

---

### 1.1. Основные виды слесарных работ

---

Под *слесарными работами* понимают работы, выполняемые ручным и механизированным слесарным инструментом и завершающие изготовление большинства изделий. Цель слесарных работ — придание обрабатываемой детали заданных чертежом геометрической формы, размеров и шероховатости поверхности. Качество выполняемых слесарных работ зависит от умения и навыков слесаря, применяемого инструмента, приспособлений, оборудования.

Основными слесарными операциями являются: разметка, рубка, правка, рихтовка, гибка, резка, опилование, распиливание, сверление, зенкерование, зенкование, развертывание; нарезание резьбы, клепка, пайка, лужение, склеивание, притирка, доводка, шабрение, пригонка, припасовка.

При изготовлении деталей слесарным способом основные слесарные операции выполняются в определенной последовательности. Сначала производятся операции по изготовлению или исправлению заготовки (резка, правка, гибка, рубка). Это подготовительные операции. Далее выполняется основная обработка заготовки. В большинстве случаев она заключается в снятии с заготовки лишнего слоя материала (например, опилование). В результате заготовка приобретает форму, размеры и состояние поверхностей, близкие к указанным на чертеже или совпадающие с ними. Иногда для обработки деталей требуются отделочные операции (шабрение, притирка, доводка), при которых с поверхности детали снимаются очень тонкие слои металла.

При обработке отверстий, уступов, пазов, фасок применяют сверление, зенкерование, зенкование, развертывание, нарезание резьбы, распиливание.

В случаях, когда необходимо получить соединение деталей, выполняют клепку, пайку, склеивание.

Особое место занимает разметка, она выполняется обычно в начале слесарных работ.

При определении последовательности обработки учитывают, в каком виде заготовки попадают к слесарю, но надо помнить, что грубая обработка всегда предшествует чистовой.

## 1.2. Оборудование рабочего места слесаря

Все оборудование слесарных мастерских разделяется на оборудование индивидуального и общего пользования. К *оборудованию индивидуального пользования* относят верстаки, к *оборудованию общего пользования* — сверлильные и простые заточные станки, винтовые прессы, рычажные ножницы, поверочные и разметочные плиты, плиты для правки.

**Рабочим местом** называется определенный участок производственной площади, закрепленный за данным рабочим и оснащенный необходимым оборудованием, инструментом, приспособлениями, вспомогательными устройствами и принадлежностями.

Рабочее место слесаря состоит из верстака, на котором установлены тиски. Столешницу верстака покрывают стальным листом толщиной 1...2 мм и окантовывают бортиком, чтобы с нее не скатывались детали. Верстаки должны быть прочными и устойчивыми. Под столешницей находятся выдвижные ящики, разделенные на ряд ячеек для хранения инструмента, мелких деталей и документации.

**Слесарные верстаки** бывают одноместными и многоместными. *Одноместные* верстаки имеют длину 1000...1200 мм, ширину 700...800 мм, высоту 800...900 мм, а *многоместные* — длину в зависимости от числа работающих, а ширину ту же, что и одноместные верстаки. Более удобны для слесарных работ одноместные верстаки.

Для того чтобы слесарь мог регулировать высоту тисков в соответствии со своим ростом, верстаки делают с регулируе-

мыми по высоте ножками или с устанавливаемыми по высоте тисками. В первом случае ножки выполняются на винтах, вращая которые, можно поднимать и опускать верстак.

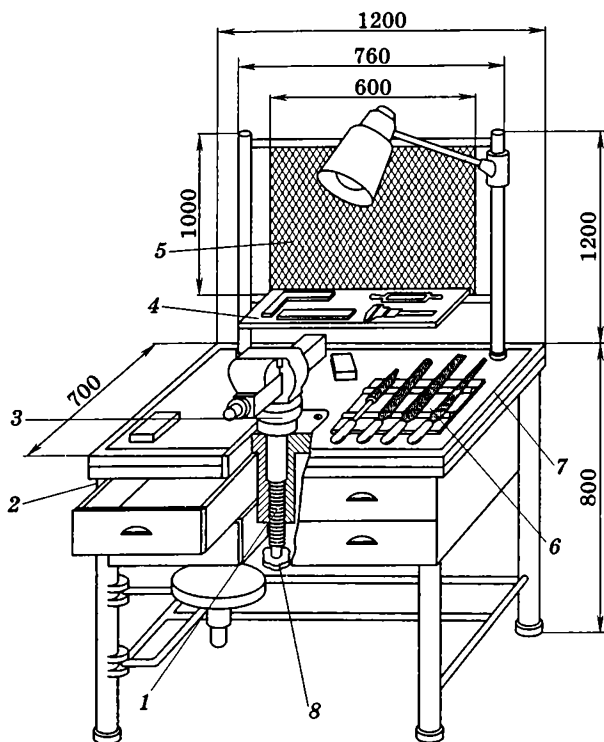


Рис. 1.1. Слесарный верстак с регулируемыми по высоте тисками: 1 — регулирующий винт; 2 — каркас; 3 — хвостовик тисков; 4 — полочка для измерительного инструмента; 5 — защитный экран; 6 — планшет для рабочего инструмента; 7 — планки-бортики; 8 — маховичок

На рис. 1.1 приведен вариант конструкции верстака с регулируемыми по высоте тисками. На каркасе 2 верстака прочно закреплена толстостенная труба с резьбой, внутрь которой входит стальной хвостовик 3, прочно соединенный с основанием тисков. Тиски поднимают на необходимую высоту вращением ручки маховичка 8, закрепленного на винте, и прочно закрепляют фиксатором. Правильный выбор высоты тисков,

соответствующей росту работающего, влияет на точность слесарной обработки и предупреждает преждевременное утомление. Например, для выполнения опилочных работ выбор высоты установки тисков будет правильным в том случае, если локоть правой руки, согнутый под углом  $90^\circ$ , будет находиться на уровне губок тисков (рис. 1.2, а) или если при постановке локтя руки на губки тисков концы вытянутых пальцев коснутся подбородка (рис. 1.2, б). На рис. 1.2, в показана правильная высота стуловых тисков при рубке.

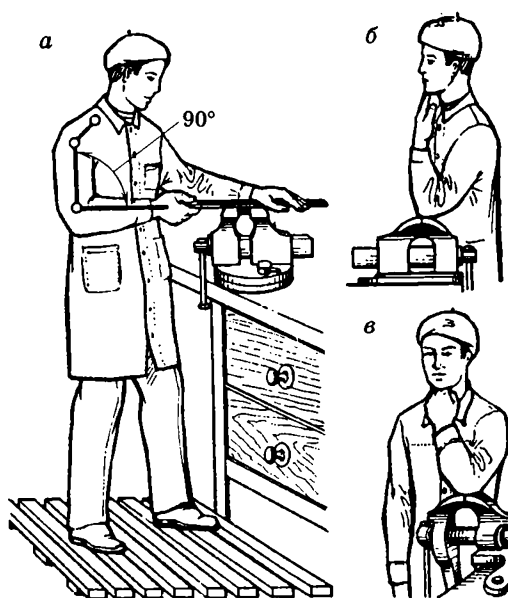


Рис. 1.2. Высота установки тисков:  
а — при опиливании; б — при рубке в параллельных тисках;  
в — при рубке в стуловых тисках

**Слесарные тиски** являются основным приспособлением рабочего места слесаря. Они служат для установки и закрепления заготовок в удобном для обработки положении и состоят из корпуса и двух зажимных губок. Тиски устанавливают на верстаках и используют при различных слесарных работах: параллельные поворотные — при выполнении более сложных

точных работ, не связанных с сильными ударами по заготовке; параллельные неповоротные и стуловые — при рубке, гибке, правке и других видах обработки с ударными нагрузками; ручные — для закрепления небольших заготовок, если их неудобно или опасно держать руками.

*Параллельные поворотные тиски* (рис. 1.3) состоят из плиты-основания 1, поворотной части 2 с неподвижной губкой 6, подвижной губки 4 со сквозным прямоугольным вырезом, в котором находятся гайка и зажимной винт 7. Перемещение подвижной губки осуществляется вращением рукоятки винта 3. Для поворота тисков на требуемый угол по круговому Т-образному пазу в основании тисков перемещается болт с рукояткой 8, с помощью которой поворотная часть прижимается к основанию 1. Для увеличения срока службы тисков к рабочим поверхностям губок привертывают стальные термически обработанные планки 5 с крестообразной насечкой. Тиски на столешнице верстака укрепляют болтами через отверстия в плите-основании. Размеры слесарных тисков определяются шириной губок и раскрытием — разводом их для зажима заготовок: 80 и 140 мм с наибольшим раскрытием губок соответственно 95 и 180 мм.

*Параллельные неповоротные тиски* (рис. 1.4) имеют основание 6, с помощью которого они крепятся болтами к крышке

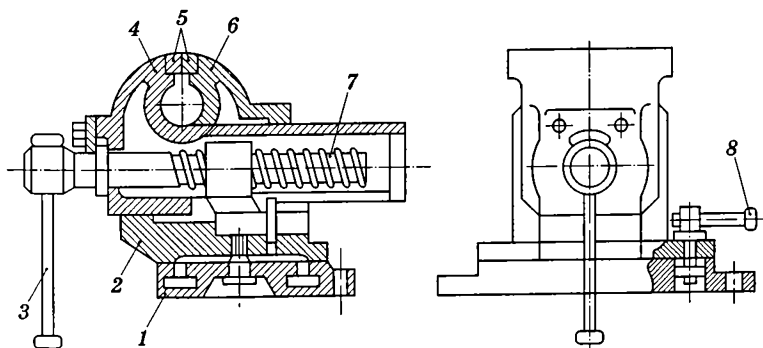
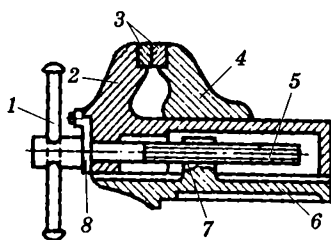


Рис. 1.3. Параллельные поворотные тиски:

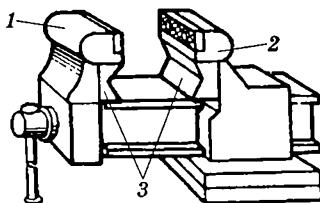
- 1 — плита-основание; 2 — поворотная часть; 3 — рукоятка винта;  
4 — подвижная губка; 5 — планки; 6 — неподвижная губка; 7 — зажимной винт; 8 — рукоятка

верстака, неподвижную губку 4 и подвижную 2. Рабочие части губок 2 и 4 делают сменными в виде призматических планок 3 с насечкой из стали марки У8 и прикрепляют к губкам винтами. Подвижная губка 2 перемещается своим хвостовиком в прямоугольном вырезе неподвижной губки 4 вращением зажимного винта 5 в гайке 7 с помощью рукоятки 1. От осевого перемещения в подвижной губке зажимной винт удерживается стопорной планкой 8. Ширина губок неповоротных тисков 80 и 140 мм с наибольшим раскрытием губок соответственно 95 и 180 мм.



*Рис. 1.4. Параллельные неповоротные тиски с ручным приводом:*  
 1 — рукоятка винта; 2 — подвижная губка; 3 — призматические планки; 4 — неподвижная губка; 5 — винт; 6 — основание; 7 — гайка;  
 8 — стопорная планка

*Тиски с дополнительными губками для труб* (рис. 1.5) кроме общего назначения используются для закрепления труб благодаря дополнительному призматическому вырезу. Наибольшие диаметры зажимаемых труб — 60, 70 и 140 мм.



*Рис. 1.5. Тиски с дополнительными губками для труб:*  
 1 — подвижная губка; 2 — неподвижная губка;  
 3 — призматические вырезы

На рис. 1.6 показаны *тиски с пневматическим приводом*. Зажим заготовки происходит за счет сжатого воздуха, поступающего в камеру тисков под давлением 500 кПа (5 атм). Шток 9 опускается и поворачивает рычаг 10, который своим плечом через толкатель 11 тянет подвижную губку 4 и зажимает деталь. Воздушная камера этих тисков образуется стенками основания 1 и резиновой диафрагмой 12. Воздух через диафрагму давит на опорное кольцо штока 13 и создает рабочее усилие. Раскрытие губок тисков — не более 80 мм.

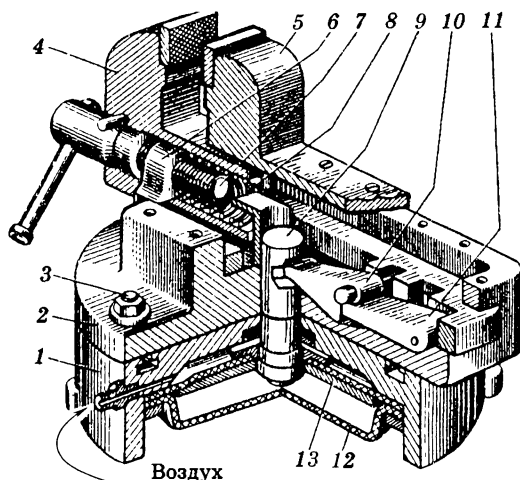


Рис. 1.6. Тиски с пневматическим приводом:

1 — основание; 2 — поворотная часть; 3 — крепежные болты; 4 — подвижная губка; 5 — неподвижная губка; 6 — каретка; 7 — ходовой винт; 8 — пружина; 9 — шток; 10 — рычаг; 11 — толкатель; 12 — диафрагма; 13 — кольцо штока

Для выполнения тяжелых работ, связанных с применением ударной нагрузки, применяются *стуловые тиски* (рис. 1.7). Удлиненным концом неподвижной губки они крепятся к верстаку с помощью лапы и хомута. Изготавливают стуловые тиски из стали.

*Ручные тиски*, изображенные на рис. 1.8, а, можно держать в руках или закреплять в слесарных тисках. Ручные тиски, представленные на рис. 1.8, б, нельзя закреплять в тисках.



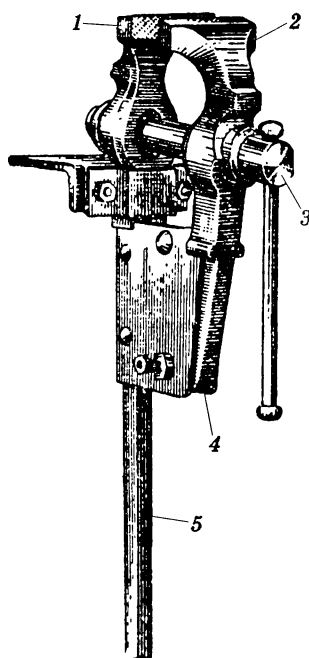


Рис. 1.7. Стуловые тиски:

1 — неподвижная губка; 2 — подвижная губка; 3 — винт;  
4 — корпус; 5 — удлиненный конец неподвижной губки

Тиски, показанные на рис. 1.8, *в*, применяются для закрепления длинных изделий малого диаметра (проволоки). Они состоят из двух губок, соединенных шарнирно накладками 1, к внутренним поверхностям которых жестко прикреплен винт 2. При навинчивании на него рукоятки 4 ее коническая часть 3 раздвигает нижние концы губок. При этом верхние концы губок зажимают обрабатываемую деталь 5, нижний конец которой может проходить через отверстия винта и рукоятки.

Для временного скрепления деталей применяют различного рода *струбцины* (рис. 1.9). *Параллельная струбцина* (рис. 1.9, *а*) состоит из двух планок и винтов. Вращая винты, можно сдвигать или раздвигать планки и таким образом закреплять или высвобождать детали. *Скобообразные струбцины* (рис. 1.9, *б*) имеют скобу 3 и винт 2 с опорой 1, которая

может вращаться относительно винта. Касаясь закрепленной детали, опора останавливается и потому не повреждает поверхность изделия.

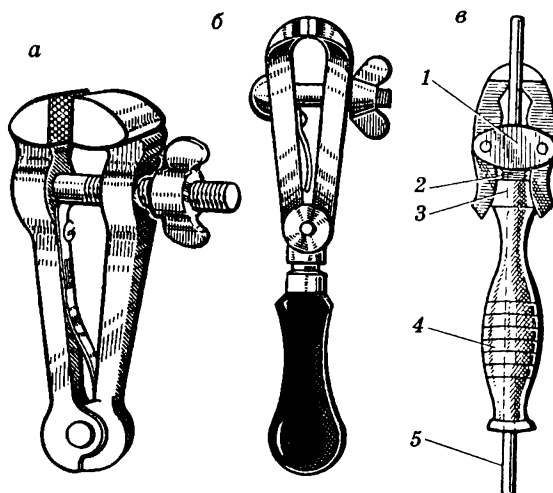


Рис. 1.8. Ручные тиски:

*a, б* — шарнирные; *в* — с рукояткой (1 — накладка; 2 — винт; 3 — коническая часть рукоятки; 4 — рукоятка; 5 — деталь)

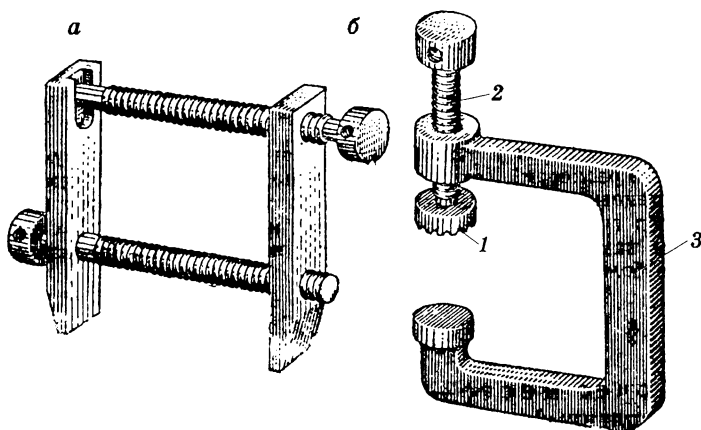


Рис. 1.9. Струбцины:

*a* — параллельная; *б* — скобообразная (1 — опора; 2 — винт; 3 — скоба)

Для заточки инструмента применяются **заточные станки** (рис. 1.10). Станок имеет корпус, внутри которого размещается электродвигатель. На его валу устанавливаются абразивные круги, защищенные кожухом. Односторонние заточные станки имеют один круг, двусторонние — два круга, установленных на оба конца вала. Перед установкой круг проверяется путем наружного осмотра и простукивания деревянным молотком. Круг не должен иметь внешних дефектов. При наличии трещин он издает глухой дребезжащий звук. Круги диаметром более 125 мм испытываются при скоростях, превышающих рабочие скорости на 50 %.

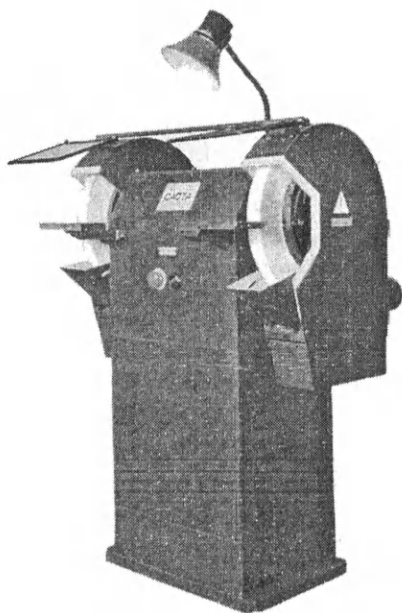


Рис. 1.10. Заточный станок модели СА600

Сверлильные станки подробно рассматриваются в гл. 9.

**Рычажные ножницы** (рис. 1.11) применяют для резки листового материала, круглых прутков и угольников. Они состоят из двух плоских ножей — верхнего 2 и нижнего 4. Верхний нож имеет рукоятку 3. Ножи соединены между собой

шарнирно с помощью пальца 1. Круглый прутковый материал и угольники вставляются в соответствующие отверстия ножей 2, 4, и с помощью нажима на рукоятку 3 производится их разрезание.

На рис. 1.12 показана конструкция *винтового пресса*. Он состоит из корпуса 1, винта 2, штурвала 3 и гайки 4. Его применяют для правки, гибки, запрессовки. Вращая штурвал, создают необходимое усилие.

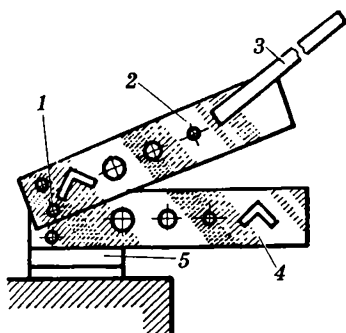


Рис. 1.11. Рычажные ножницы:

- 1 — палец; 2 — верхний нож;  
3 — рукоятка; 4 — нижний нож;  
5 — основание

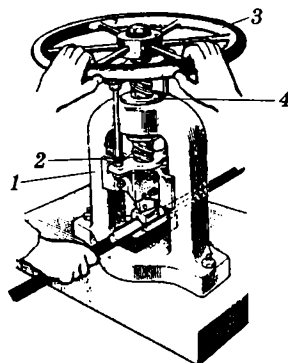


Рис. 1.12. Конструкция винтового пресса:

- 1 — корпус; 2 — винт;  
3 — штурвал; 4 — гайка

Для размещения заготовок и деталей, приспособлений и инструмента, вспомогательных материалов устанавливают инструментальные шкафы, стеллажи, столы и тару для заготовок (деталей) и стружки.

## Слесарный инструмент

### 1.3. и механизация слесарных работ

При выполнении слесарных работ слесарь пользуется разнообразным рабочим инструментом. Слесарный инструмент делится на ручной и механизированный. В свою очередь *ручной инструмент* подразделяется на следующие виды:

- режущий — зубило, крейцмейсель, напильник, ножовка, шабер, сверло, развертка и т.д.;

- вспомогательный — слесарный и рихтовальный молотки, кернер, чертилка, разметочный циркуль и др.;
- слесарно-сборочный — отвертка, гаечный ключ, плоскогубцы и т.д.;
- измерительный и поверочный — линейка, штангенциркуль, угольник, лекальная линейка, угломер и др.

Назначение и устройство этих инструментов будут описаны при рассмотрении слесарных операций.

**Механизированный инструмент** подразделяется:

- по видам операций, для выполнения которых он предназначен (для рубки, резки, шабрения и т.д.);
- по типу привода (с электрическим приводом, с пневматическим приводом);
- по характеру движения рабочего органа (с вращательным или возвратно-поступательным рабочим органом);
- по конструкции корпуса (с нагрудником, с рукояткой, пистолетного типа, угловой).

Среди средств механизации слесарных работ с электрическим приводом наибольшее применение находят электрогайковерты, электрошпильковерты, шлифовальные и полировальные машины, электронапильники, электрорезьбонарезатели, а с пневматическим приводом — гайковерты, механические отвертки, пневматические молотки.

## **1.4. Организация рабочего места слесаря**

Правильная организация рабочего места слесаря — одно из важнейших условий роста производительности труда, улучшения качества и снижения себестоимости выпускаемой продукции.

Рабочее место слесаря должно быть оснащено высокопроизводительным оборудованием, инструментом, приспособлениями, подъемно-транспортными средствами и различными вспомогательными устройствами.

В зависимости от квалификации слесаря и содержания основных работ организация рабочего места может быть раз-

личной. Так, рабочее место слесаря-ремонтника оборудовано испытательными устройствами, приспособлениями для ремонта деталей, рабочее место слесаря-инструментальщика — это в основном верстак и лекальные тиски, а рабочее место слесаря-сборщика зависит от характера производства. В единичном производстве рабочее место сборщика оснащено универсальным оборудованием, инструментом и приспособлениями. В условиях массового производства на рабочем месте находятся узкоспециализированные оборудование, инструмент и приспособления.

От порядка на рабочем месте, правильного размещения инструмента в значительной степени зависит производительность труда. Организация рабочего места слесаря как раз и означает такое продуманное и рациональное размещение инструмента и материалов на верстаке, при котором слесарные работы требуют наименьших затрат энергии и времени.

Пример рационального расположения инструмента на слесарном верстаке показан на рис. 1.13.

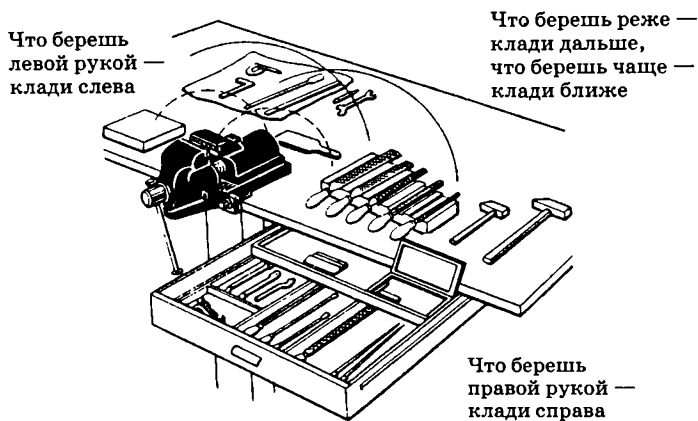


Рис. 1.13. Пример рационального расположения инструмента на слесарном верстаке

Приведем основные правила организации рабочего места.

1. Инструмент, которым приходится пользоваться чаще, надо располагать ближе, а которым реже — дальше.

2. Раскладывать инструмент на верстаке следует в определенном порядке. Инструмент, который берут правой рукой (напильник, молоток, шабер и т.д.), располагают справа от тисков, а инструмент, который берут левой рукой (зубило, крейцмейсель, кернер и др.), — слева.

3. Точный контрольно-измерительный инструмент надо размещать на специальной подставке в средней части верстака.

4. Чертежи, технологические карты и иные документы, по которым производится работа, следует располагать на наклонных подставках или в другом удобном для пользования месте, защищенном от загрязнения.

5. Используя инструмент, необходимо сразу же положить его на место. Нельзя класть инструмент на инструмент или на какие-либо предметы. Режущий инструмент с мелкими зубьями (напильники) следует класть на деревянную подставку, которая предохраняет его от преждевременного износа.

Хранить инструмент, приспособления и материалы надо в различных ящиках или ячейках (рис. 1.14). Точный измерительный и режущий инструмент хранят в особых футлярах

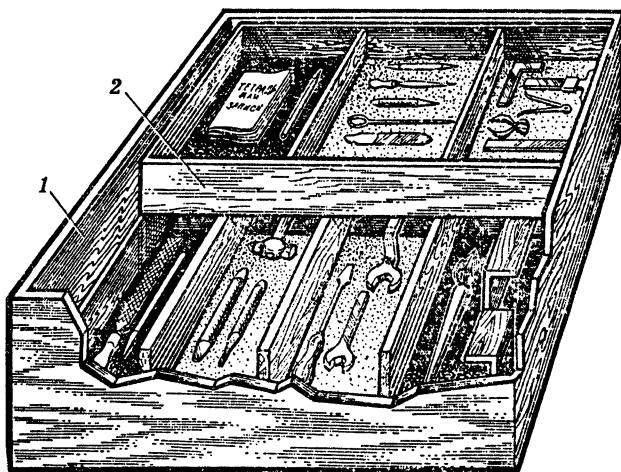


Рис. 1.14. Верстачный ящик с инструментом:

1 — выдвижной ящик с крупным инструментом;

2 — выдвижной щиток с мелким инструментом

или ящиках. Притирочные приспособления и доводочно-смазочные материалы должны храниться отдельно от измерительного инструмента, так как частицы оксида хрома, железа могут вызвать его коррозию.

Рабочее место слесаря должно быть оснащено средствами механизации — электрическим и пневматическим инструментом, настольными станками, а при необходимости — подъемными и транспортирующими механизмами.

Перед выполнением слесарных операций по изготовлению той или иной детали слесарь должен внимательно ознакомиться с ее чертежом и другими технологическими документами, подогнать высоту верстака или тисков в соответствии со своим ростом. По чертежу следует выяснить, какие материалы и металлы потребуются обрабатывать и с какой точностью. Знание материала и последовательности операций позволит правильно подобрать режущий и контрольно-измерительный инструмент. А это дает возможность хорошо подготовить рабочее место, получить до начала работы весь необходимый инструмент.

Основное требование к рациональной организации труда слесаря — иметь под руками весь нужный инструмент и материалы, чтобы не приходилось отвлекаться во время работы и не делать лишних движений. На рабочем месте должно находиться только то, что необходимо для выполнения конкретного задания.

Образцовый порядок в хранении инструмента на рабочем месте — важное условие правильной организации труда слесаря. Небрежное обращение с инструментом и оборудованием может стать причиной его преждевременного выхода из строя, а также привести к несчастному случаю при работе.

Молотки, зубила, крейцмейсели, гаечные ключи следует держать отдельно от сверл, плашек, метчиков, штангенциркулей, микрометров.

Слесарь должен поддерживать культуру труда, что способствует сохранению инструмента и улучшению качества деталей. Нельзя, например, надевать трубу на ручку тисков для усиления зажима в них обрабатываемой детали; нельзя ударять



с этой же целью молотком или другими предметами по рукоятке тисков; нельзя измерять детали, нагретые в процессе обработки. При выполнении слесарных операций следует поддерживать порядок и чистоту на рабочем месте. По окончании работы слесарь должен не только привести в порядок инструмент и приспособления, но и тщательно убрать рабочее место, удалить отходы, стружку, при необходимости смазать ходовой винт и гайку тисков. Весь измерительный инструмент надо тщательно протереть чистой ветошью, смоченной в бензине, затем смазать техническим вазелином и поместить в соответствующие отделения в ящиках верстака или шкафу.

### **Вопросы и задания для самоконтроля**

1. Что понимается под слесарными работами?
2. Назовите основные слесарные операции.
3. Перечислите оборудование слесарной мастерской.
4. Какова конструкция слесарного верстака?
5. Опишите рабочее место слесаря и его организацию.
6. Каково назначение слесарных тисков?
7. Расскажите о конструкции рычажных ножниц.
8. Как устроен винтовой пресс?
9. Каково назначение заточных станков?
10. Перечислите слесарный инструмент, используемый при выполнении слесарных операций.
11. Дайте классификацию механизированного слесарного инструмента.
12. Каковы основные правила организации рабочего места слесаря?

## ГИГИЕНА ТРУДА, ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ САНИТАРИЯ И ПРОФИЛАКТИКА ТРАВМАТИЗМА

---

### 2.1. Санитарно-гигиенические условия труда

---

Одним из важнейших вопросов научной организации труда является обеспечение санитарно-гигиенических условий (воздушная среда, шум и вибрация, освещение, состояние полов, окраска помещений и оборудования, эстетические условия в помещении, личная гигиена, спецодежда).

*Воздушная среда* характеризуется температурой и влажностью. В теплый период года температура в мастерской должна составлять 19...23 °С, в холодный период — 14...17 °С, а относительная влажность — 40...60 %. Содержание оксида углерода — менее 0,06 %, содержание пыли — не более 2...10 мг/м<sup>3</sup>. С целью поддержания оптимальных параметров воздушной среды в помещении устанавливают вентиляцию, а также периодически проветривают его.

*Шум* приводит к быстрому утомлению, снижает производительность труда и качество выпускаемых изделий, вредно воздействует на центральную нервную систему, приводит к развитию гипертонической болезни. Особенно опасны высокочастотные шумы (они характерны для агрегатов ударного действия). Допустимый уровень высокочастотных шумов составляет 75...85 дБ, среднечастотных — 85...90, низкочастотных (тихоходные машины) — 90...100 дБ. В помещениях, где шум превышает допустимые нормы, следует работать в противощумных наушниках (рис. 2.1).

*Вибрация* (механические колебания) возникает при работе оборудования, движении транспортных средств. У рабочих, постоянно воспринимающих вибрацию, развивается профессиональное заболевание — вибрационная болезнь. Действие

вибрации на человека стараются предотвратить или уменьшить. При работе пневматическим инструментом необходимо надевать рукавицы с накладками из мягкого материала и систематически выполнять гимнастику для пальцев и кистей рук. Для уменьшения действия вибрации пользуются мягкой виброгасящей втулкой (рис. 2.2) и мягкой виброгасящей пружинящей накладкой. Например, виброгасящую втулку надевают на пневматическое зубило и закрепляют резиновыми кольцами.

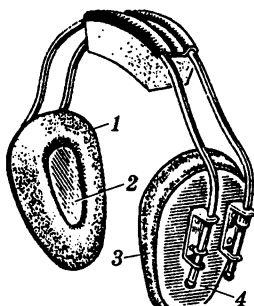


Рис. 2.1. Противошумные наушники:

1 — звукопоглощающий материал; 2 — уплотнитель; 3 — обжимное кольцо; 4 — чашечка

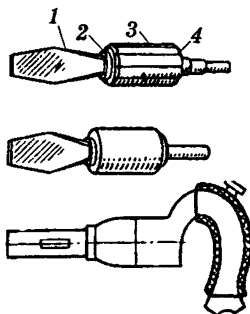


Рис. 2.2. Виброгасящие приспособления:

1 — пневматическое зубило; 2, 4 — резиновые кольца; 3 — виброгасящая втулка

Освещение должно удовлетворять следующим требованиям: достаточная освещенность поверхностей, постоянство освещенности в течение рабочего времени, равномерное распределение яркости в помещении, отсутствие слепящего воздействия. На рис. 2.3 показаны варианты расположения источника света.

В помещении используется естественное освещение (в светлое время суток) и искусственное (при недостатке солнечного света). Общее искусственное освещение обеспечивается люминесцентными лампами или лампами накаливания. Кроме общего освещения в большинстве случаев при работе на сверлильных станках и выполнении слесарных операций применяется местное освещение. Оптимальная освещенность должна составлять 800...1000 лк. При выполнении точных

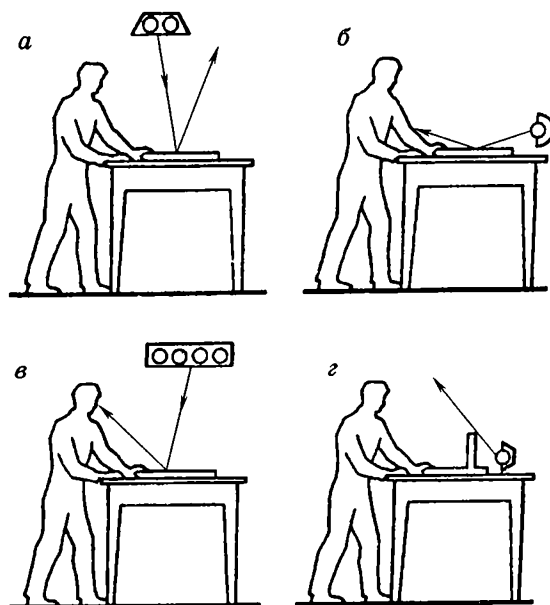


Рис. 2.3. Варианты расположения источника света:

*а* — правильное; *б* — вызывает тенивые пятна на шероховатой поверхности; *в* — вызывает ослепление отраженными лучами; *г* — дает силуэт напротив источника света

слесарных операций освещенность должна быть значительно выше.

Полы должны удовлетворять следующим требованиям: прочность, малая истираемость, достаточное сопротивление ударам. Они должны быть виброгасящими, не выделять пыли, легко поддаваться чистке, мытью, обладать стойкостью к химическому воздействию кислот, щелочей, эмульсий и минеральных масел. В зависимости от материалов покрытия полы разделяются на теплые и холодные. К теплым полам относятся деревянные, ксилолитовые, покрытые линолеумом и синтетическими материалами. Такие полы рекомендуются для слесарных участков. К холодным полам относятся бетонные, цементные, мозаичные и с мраморной крошкой. В случае применения холодных полов необходимо использовать деревянные решетки для ног.

*Цветовое оформление* (окраска) помещений и оборудования — один из важнейших элементов эстетичности интерьера. Для потолков, железобетонных перекрытий и металлоконструкций рекомендуется белый и светло-лимонный цвет, для стен и перегородок — белый, светло-зеленый, светло-голубой, светло-желтый, бирюзовый и другие светлые тона. Оборудование рекомендуется окрашивать в желтый, зеленый цвета или их сочетания с выделением отдельных мест: кнопки «Стоп» окрашиваются в красный цвет, «Пуск» — в зеленый или черный, движущиеся части механизмов и электрооборудование — в красный или оранжевый. Основные задачи рациональной окраски — снижение утомления глаз во время работы; повышение безопасности работы; минимальные затраты времени при выполнении работы; повышение общего тонуса работающего путем воздействия на него светопсихологических факторов.

*Личная гигиена* — меры по сохранению здоровья человека, предупреждению и устранению условий, вредно влияющих на здоровье. Соблюдение правил личной гигиены является важным условием высокопроизводительной работы. После рабочего дня необходимо вымыть тело теплой водой с мылом (принять душ). Перед принятием пищи обязательно мыть руки с мылом, есть надо за чистым столом и из чистой посуды. Следует помнить, что антисанитария является источником инфекционных заболеваний.

*Спецодежда* должна быть воздухо- и паропроницаемой, не стесняющей движений и обеспечивающей защиту работающего от неблагоприятного воздействия окружающей среды. Она должна всегда быть чистой и опрятной.

## **2.2. Режим труда**

Научная организация труда на рабочем месте основана на правильном режиме труда и отдыха, обеспечивающем поддержание высокой работоспособности и здоровья человека. Одним из основных показателей работоспособности является уровень производительности труда.

Повышению работоспособности способствуют выбранные темп (степень быстроты) и ритм (равномерное чередование). Необходимо помнить, что при низком и высоком темпе ослабляется внимание, а следовательно, снижается качество выпускаемых изделий, резко возрастает утомление (усталость). Утомление — это результат плохо организованного труда. Один из факторов, увеличивающих физическое и умственное утомление, — монотонность труда. Утомление может наступать быстрее и медленнее, в зависимости от условий труда. При работе в неудобной позе утомление наступает очень быстро.

Работоспособность человека изменяется на протяжении дня. Она может сохраняться на высоком уровне или, наоборот, быстро снижаться при нарушении режима дня, плохих санитарно-гигиенических условиях труда, недоедании.

В течение рабочего дня наблюдаются три этапа работоспособности (рис. 2.4): I — вработываемость, когда слесарь «входит» в работу (здесь постепенно растет производительность); II — устойчивая работоспособность (производительность труда остается на одном уровне); III — появление и нарастание утомления (производительность падает). В течение первых двух часов работоспособность растет. Высокий ее уровень держится около полутора часов, затем постепенно снижается в связи с утомлением. После обеденного перерыва работоспособность восстанавливается не сразу. Вновь наступает период вработываемости, сменяющийся периодом устойчивой работы, а затем — появлением и нарастанием утомления.

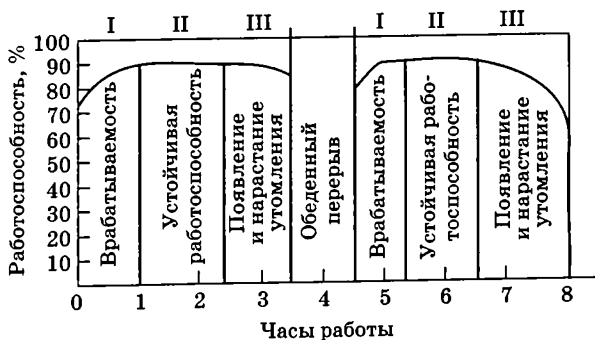


Рис. 2.4. Примерный график работоспособности на протяжении рабочего дня

способности, но он несколько ниже дообеденного. На пятом-шестом часу работы снова отмечается снижение работоспособности. Седьмой и восьмой часы — появление и нарастание утомления.

Короткие перерывы в работе, производственная гимнастика, смена рабочей позы — все это предупреждает наступление утомления. Если рабочий работает стоя, необходимо отдыхать сидя; тот, кто работает сидя, должен отдыхать стоя. При работе рекомендуется также периодически менять положение корпуса. Если этого не делать, то у слесаря может постепенно развиваться искривление позвоночника (сколиоз) и сутулость. Утренняя зарядка и производственная гимнастика способствуют более совершенной работе человеческого организма, повышают его работоспособность.

### **2.3. Безопасные условия труда**

Под *безопасными условиями труда* понимают комплекс организационных и технических мероприятий, направленных на предотвращение получения рабочим травм различной тяжести. Несчастные случаи на производстве чаще всего происходят в результате недостаточного усвоения работающими производственных навыков и отсутствия опыта в обращении с инструментом и оборудованием. Сознательное отношение к мерам предосторожности, знание своего дела, оборудования, приспособлений, приемов работы и умение правильно организовать рабочее место создают условия для безопасного и высокопроизводительного труда.

Под слесарный производственный участок отводится помещение, достаточное для размещения в нем верстаков по числу работающих и другого оборудования при условии, что будут обеспечены проходы и проезды, необходимые для свободного перемещения работающих и передвижения внутреннего транспорта. Все производственные помещения должны иметь исправные перекрытия, стены и ровные нескользкие полы. Все оборудование должно быть исправным. Движущиеся части,

находящиеся снаружи, следует ограждать кожухами, щитами, сетками, крышками.

Верстак должен иметь жесткую и прочную конструкцию, исключающую возможность качки при работе. На нем не должно быть выступающих кромок и острых углов. Слесарные тиски должны быть надежно зафиксированы. Поскольку при работе возможно отлетание частиц стружки, отламывающихся частей режущего инструмента, то для предохранения работающих устанавливаются защитные экраны. Их минимальная высота 0,8 м. На многоместных верстаках защитные экраны ставятся между тисками.

Слесарь должен соблюдать целый ряд требований.

Перед началом работы ему необходимо:

- привести в порядок спецодежду: застегнуть обшлага рукавов, подобрать волосы под плотно облегающий головной убор (косынку, берет), не работать в легкой обуви (тапочках, босоножках);

- организовать рабочее место так, чтобы все необходимое для выполнения задания было под рукой; проверить достаточность освещенности рабочего места; о перегоревших лампочках сообщить мастеру и потребовать их замены;

- проверить рабочий инструмент, который должен отвечать ряду требований: молотки должны быть насажены на рукоятки из дерева твердых и вязких пород, расклиненные металлическими клиньями; гаечные ключи должны быть исправными и соответствовать размерам болтов и гаек; запрещается наращивать рукоятки ключей другими предметами; зубила, молотки, обжимки, кернеры не должны иметь сбитых и скошенных бойков и заусенцев; режущий инструмент (сверла, шаберы, зубила и т.п.) должен быть хорошо заточен и заправлен; напильники и ножовки должны иметь плотно насаженные деревянные ручки с металлическими кольцами;

- при получении из кладовой дрели с электрическим приводом убедиться в ее исправности (изоляция шлангового провода, штепсельная вилка, провод заземления и т.п.). При работе от сети с напряжением выше 36 В обязательно пользоваться резиновыми перчатками и резиновым ковриком;



- проверить наличие заземления на сверлильном станке;
- обо всех обнаруженных неисправностях оборудования и инструмента сообщить мастеру и до его указания к работе не приступать.

Во время работы следует:

- пользоваться только исправным инструментом, предусмотренным для данной работы; не класть инструменты друг на друга и на другие предметы;

- работая с абразивным кругом на заточном станке, пользоваться защитными очками или защитным экраном;

- не останавливать вращающийся режущий инструмент руками или каким-либо предметом;

- рубку в тисках производить только при наличии на верстаке защитной сетки или экрана;

- тяжелые детали не поднимать, не сдвигать их на край верстака;

- во время рубки и сверления надевать защитные очки;

- работы с применением кислот, щелочей, флюсов, а также работы, связанные с выделением пыли, дыма и газов, выполнять в хорошо проветриваемом помещении или под вытяжным колпаком;

- не сдувать опилки, не смахивать стружку рукой, пользоваться для этих целей щеткой-сметкой;

- при получении мелких травм обязательно обработать рану настойкой йода и наложить бинт;

- не работать на сквозняках;

- надежно закреплять заготовку в слесарных тисках и других приспособлениях;

- поддерживать чистоту и порядок на рабочем месте.

П о о к о н ч а н и и р а б о т ы необходимо:

- привести рабочее место в порядок, очистить тиски и верстак от опилок и стружки;

- уложить инструмент, приспособления и материалы на соответствующие места;

- после работы с применением масла, смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС), кислот, клеев обязательно вымыть руки горячей водой с мылом. Запрещается

мыть руки в масле, керосине, бензине и вытирать их концами обтирочного материала, загрязненного стружкой и металлическими опилками;

- весь замасленный обтирочный материал собрать и сложить в специально выделенное в мастерских место, так как он склонен к самовозгоранию и может служить очагом возникновения пожара;

- сдать рабочее место производственному мастеру, сообщить ему обо всех замеченных неисправностях.

Более подробные требования к безопасности условий труда будут рассматриваться при изучении конкретных слесарных операций.

### Вопросы и задания для самоконтроля

1. Какие требования предъявляют к воздушной среде на слесарном участке?
2. Как шум и вибрации влияют на организм человека?
3. Какие требования предъявляются к освещению на слесарном участке?
4. Каковы требования к спецодежде рабочего?
5. Опишите цветовое оформление производственных помещений.
6. Каковы требования личной гигиены рабочего на производстве?
7. Постройте график работоспособности рабочего.
8. Что понимается под безопасными условиями труда?
9. Какие работы необходимо выполнить слесарю перед началом работы?
10. Назовите общие требования безопасности труда во время выполнения слесарных работ.
11. Что должен выполнить слесарь на рабочем месте после окончания рабочей смены?

# 3

## ПЛОСКОСТНАЯ И ПРОСТРАНСТВЕННАЯ РАЗМЕТКА

---

### 3.1. Суть и назначение разметки

---

*Разметкой* называется операция по нанесению на поверхность заготовки разметочных линий, определяющих контуры будущей детали. Основное назначение разметки заключается в указании границ, до которых надо обрабатывать заготовку. В процессе обработки детали до указанных границ с поверхности заготовки снимается лишний слой металла, который называют *припуском*.

Обработку по разметке нельзя считать совершенным способом, так как ее точность колеблется от 0,2 до 0,5 мм. Кроме того, разметка требует довольно много времени и высококвалифицированного труда, поэтому применяется в единичном производстве.

Разметка является одной из наиболее ответственных операций, поскольку от ее качества зависит точность дальнейшей обработки или изготовления деталей. Неправильная разметка может привести к браку дорогостоящей заготовки.

В зависимости от формы размечаемых заготовок и деталей разметка делится на плоскостную и пространственную.

*Плоскостная разметка* применяется для геометрических построений на плоских поверхностях листовых заготовок. В этом случае разметочные линии наносятся в одной плоскости заготовки. Такой вид разметки широко используется при изготовлении шаблонов, контршаблонов, лекал.

*Пространственная разметка* (объемная) применяется для геометрических построений, осуществляемых в разных плоскостях под различными углами друг к другу. По своим приемам пространственная разметка существенно отличается от плоскостной. Трудность пространственной разметки заключается в том, что слесарю приходится не только размечать отдельные

поверхности детали, расположенные в различных плоскостях и под различными углами друг к другу, но и взаимоувязывать их разметку.

### 3.2. Приспособления для плоскостной разметки

Для плоскостной разметки используют следующие приспособления: разметочные плиты, подкладки, поворотные приспособления, домкраты.

На *разметочной плите* (рис. 3.1) устанавливают размечаемые заготовки и располагают необходимые приспособления и инструмент. Верхняя часть плиты обработана шабрением. Большие плиты могут иметь продольные и поперечные канавки, образующие равные квадраты размерами  $200 \times 200$  или  $250 \times 250$  мм. Малые плиты устанавливают на верстаки, столы или чугунные тумбы, а большие — на кирпичный фундамент. Рабочая поверхность плиты должна располагаться на высоте 800...900 мм от пола и быть строго горизонтальной, сухой и чистой. После использования ее покрывают тонким слоем масла, защищающим от коррозии, а затем кладут деревянный щит. Необрабатываемые заготовки устанавливают на плиту в специальных приспособлениях. Плиты размещают в наиболее освещенной части помещения и с дополнительным освещением.

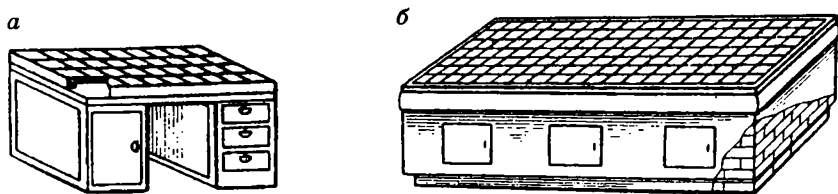


Рис. 3.1. Разметочные плиты:  
а — на тумбах; б — на фундаменте

*Подкладки* (рис. 3.2) предназначены для правильной установки заготовок при разметке, а также для предохранения разметочной плиты от повреждений. Конструкция подкладок определяется формой заготовки, а также ее назначением.

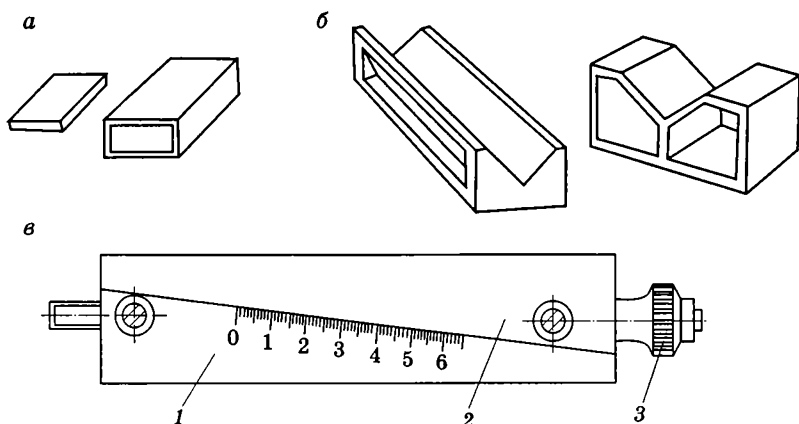


Рис. 3.2. Подкладки:

*а* — плоские; *б* — призматические; *в* — клиновые  
(1 — нижний клин со шкалой; 2 — верхний клин; 3 — винт)

*Клиновые подкладки* (рис. 3.2, *в*) имеют два соединенных клина 1 и 2. Размечаемую заготовку устанавливают на верхней поверхности клина 2. Подъем и опускание заготовки производят вращением винта 3. На боковой поверхности нижнего клина 1 нанесена шкала, позволяющая контролировать и регулировать его высоту. Перемещение клина на одно деление равно 0,1 мм.

Кроме подкладок и клиньев при разметке используют поворотные и делительные приспособления, а также домкраты. Конструкции этих приспособлений будут рассматриваться при изучении пространственной разметки.

### 3.3. Инструмент для плоскостной разметки

Для выполнения плоскостной разметки используют чертилки, линейки, угольники, разметочные циркули, штангенциркуль ШЦ-II, кернеры, центроискатели, молотки, угломеры и транспортиры.

*Чертилки* (рис. 3.3) предназначены для нанесения разметочных линий на заготовку. Они представляют собой стальные

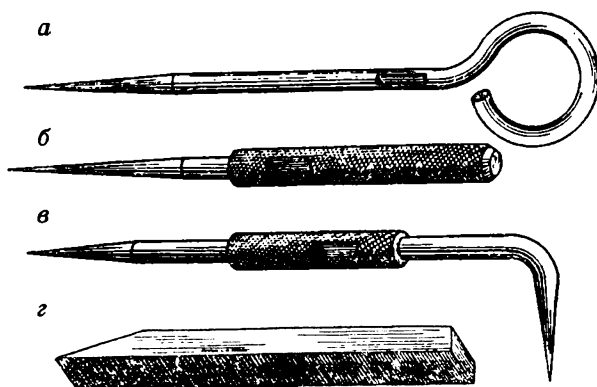


Рис. 3.3. Чертилки:

*а* — проволоочная; *б* — точечная; *в* — двусторонняя; *г* — плоская

заостренные стержни (угол заточки  $15...20^\circ$ ) из углеродистой инструментальной стали марки У10 или У12. Чертилки бывают проволоочные (круглые), двусторонние, точечные, плоские.

*Проволоочная чертилка* (рис. 3.3, *а*) представляет собой стальной цилиндрический стержень диаметром 4...5 мм и длиной 150...200 мм. Один конец имеет закругление в виде кольца диаметром 25...30 мм, а второй остро заточен и закален (рабочая часть).

*Точечная чертилка* (рис. 3.3, *б*) имеет одну рабочую часть, а вторая часть утолщенная с накаткой в виде рукоятки.

*Двусторонняя чертилка* (с отогнутом концом) (рис. 3.3, *в*) представляет собой также стальной стержень, заостренный с двух сторон, один конец которого отогнут под углом  $90^\circ$ . Средняя часть утолщенная с накаткой (для удобства пользования). Такие чертилки применяют для разметки в труднодоступных местах.

*Плоская чертилка* (рис. 3.3, *г*) имеет плоское сечение с заостренным концом.

В последнее время широко применяются чертилки со вставными иглами по типу часовых отверток (рис. 3.4, *а*) или карандаша с убирающимся острием (рис. 3.4, *б*).

*Линейки* служат для нанесения прямых линий. Это металлические линейки с миллиметровой шкалой (рис. 3.5).

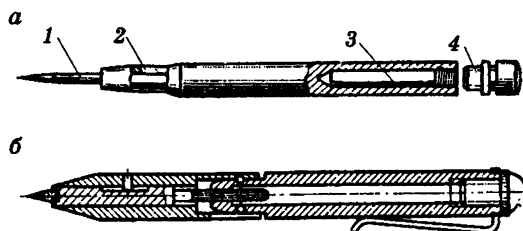


Рис. 3.4. Чертилки:

*a* — со вставными иглами (1 — игла; 2 — корпус; 3 — запасные иглы; 4 — пробка); *б* — с убирающимся острием (карманная)

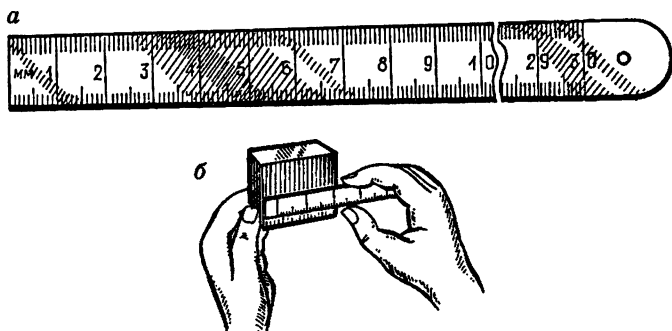


Рис. 3.5. Линейка:

*a* — конструкция; *б* — измерение

**Угольники** (рис. 3.6) применяют для разметки перпендикулярных линий. При этом используют плоские слесарные угольники, угольники с широким основанием и Т-образные.

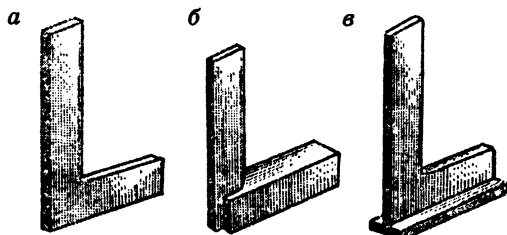


Рис. 3.6. Угольники:

*a* — плоский слесарный; *б* — с широким основанием; *в* — Т-образный

**Разметочные циркули** (рис. 3.7) используют для разметки окружностей и дуг, для деления отрезков, окружностей и геометрических построений. Циркулями пользуются и для переноса размеров с масштабных линеек на заготовку. Разметочные циркули бывают: простые — с дугой (рис. 3.7, а), пружинные (рис. 3.7, б); со вставными рабочими иглами (рис. 3.7, в); двумя оптическими линзами на ножках циркуля (циркуль Новикова) (рис. 3.7, г) имеет микрометрический винт 2 для точной установки размера, две ножки 6, закаленные иглы 4 и две оптические линзы 7 с пятикратным увеличением.

Для повышения точности разметки широко используют **штангенциркуль ШЦ-II** (рис. 3.8), который, кроме того, позволяет вычерчивать окружности большого диаметра.

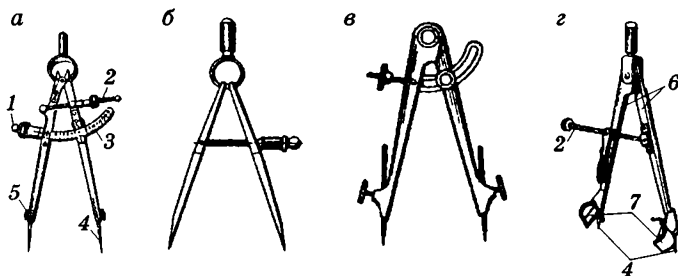


Рис. 3.7. Разметочные циркули:

а — простой; б — пружинный; в — со вставными иглами; г — с оптическими линзами; 1 — винт; 2 — микрометрический винт; 3 — установочное устройство; 4 — иглы; 5 — гайка; 6 — ножки; 7 — оптические линзы

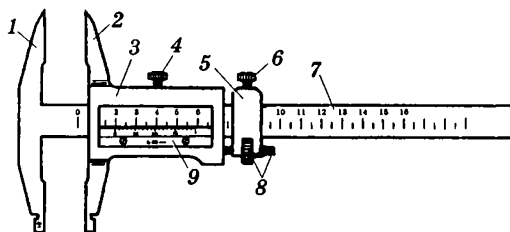


Рис. 3.8. Штангенциркуль ШЦ-II:

1 — неподвижные измерительные губки; 2 — подвижные измерительные губки; 3 — рамка; 4 — зажим рамки; 5 — рамка микрометрической подачи; 6 — зажим рамки микрометрической подачи; 7 — штанга; 8 — гайка и винт микрометрической подачи; 9 — нониус



**Кернер** — инструмент для закрепления разметочных линий. Изготавливают кернеры из инструментальной углеродистой стали марок У7А, У8А, 7ХФ, 8ХФ. Кернер имеет рабочую, ударную и среднюю части. Рабочую часть закаливают до твердости HRC 55...59, а ударную часть — до твердости HRC 40...45. Среднюю часть не закаливают, на нее наносят рифления (накатку) для удобства работы.

Кернеры бывают обыкновенные, специальные, механические, электрические.

*Обыкновенный кернер* (рис. 3.9) имеет длину 100, 125 и 160 мм и диаметр стержня 8, 10, 12 мм. Рабочую часть кернера затачивают на угол  $60^\circ$  для разметки средней точности,  $30^\circ$ ... $45^\circ$  для точной разметки и  $75^\circ$  под центры будущих отверстий. Заточка кернера показана на рис. 3.10. При заточке кернеру придают вращение вокруг его оси.

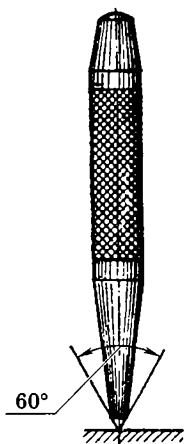


Рис. 3.9. Обыкновенный кернер

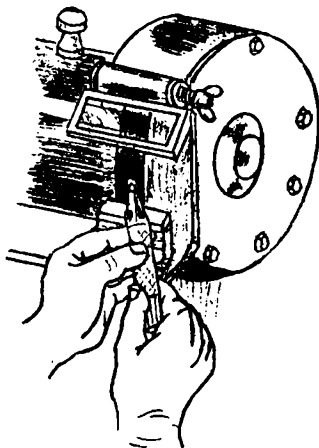


Рис. 3.10. Заточка кернера на заточном станке

*Специальные кернеры* (рис. 3.11) применяют в тех случаях, когда разметку сложно выполнять обыкновенным кернером. Это кернеры для разметки малых окружностей, шаговый кернер, кернер с оптической линзой. Применение специальных кернеров значительно повышает производительность и точность разметки.

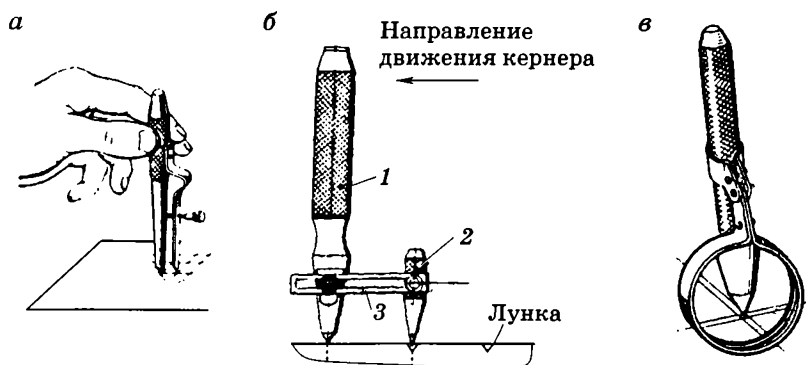


Рис. 3.11. Специальные кернеры:

*а* — для малых окружностей; *б* — шаговый кернер (1, 2 — кернеры; 3 — установочное устройство); *в* — с оптической линзой

*Механический кернер* (рис. 3.12, *а*) имеет корпус, свинченный из трех частей 3, 5, 6. В корпусе размещены две пружины 7, 11, стержень 2 с кернером 1, ударник 8 со смещающимся сухарем 10 и плоская пружина 4. При нажатии на изделие острием кернера внутренний конец стержня 2 упирается в сухарь, в результате чего ударник перемещается вверх и сжимает

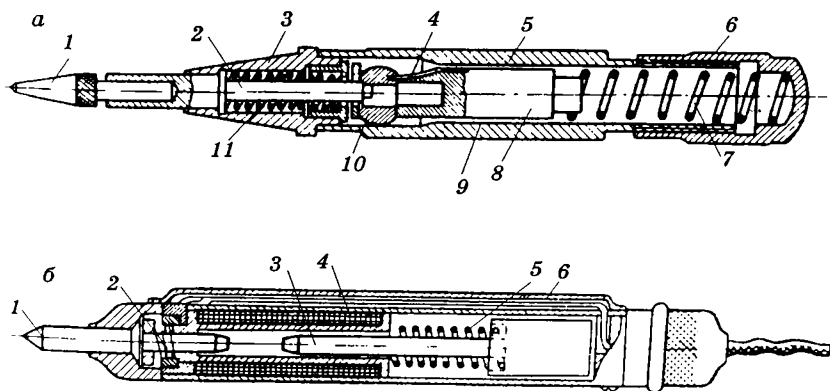


Рис. 3.12. Кернеры:

*а* — механический (1 — кернер; 2 — стержень; 3, 5, 6 — детали корпуса; 4 — плоская пружина; 7, 11 — пружины; 8 — ударник; 9 — запле-  
чик; 10 — сухарь); *б* — электрический (1 — кернер; 2, 5 — пружины;  
3 — ударник; 4 — катушка; 6 — корпус)

пружину 7. Упершись в ребро заплечика 9, сухарь сдвигается в сторону, и кромка его сходит со стержня 2. В этот момент ударник под действием силы сжатой пружины 7 наносит по концу стержня с кернером удар. Пружина 11 восстанавливает начальное положение кернера. Сила удара регулируется упорным колпачком 6.

*Электрический кернер* (рис. 3.12, б) состоит из корпуса 6, пружин 2 и 5, ударника 3, катушки 4, кернера 1. При нажатии установленным на риске острием кернера электрическая цепь замыкается, и ток, проходя через катушку, создает магнитное поле. Ударник втягивается в катушку и наносит удар по стержню кернера. Во время переноса кернера в другую точку пружина 5 размыкает цепь, а пружина 2 возвращает ударник в исходное положение.

*Центроискатели* применяются для нахождения центров на торце цилиндрических деталей или центров отверстий. Конструкции центроискателей показаны на рис. 3.13.

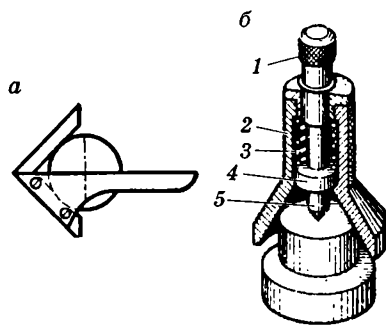


Рис. 3.13. Центроискатели:

*а* — угольник-центроискатель; *б* — кернер-центроискатель (1 — головка кернера; 2 — пружина; 3 — воронка; 4 — фланец; 5 — кернер)

*Угольник-центроискатель* (рис. 3.13, а) имеет жесткоприкрепленную линейку, являющуюся биссектрисой прямого угла.

*Кернер-центроискатель* (рис. 3.13, б) применяется для нанесения центров на цилиндрических деталях диаметром до 40 мм.

*Слесарный молоток* имеет круглый боек. Масса молотка 50, 100 или 200 г, он применяется для разметки.

Разметка углов и уклонов производится с помощью *угломеров* (рис. 3.14) и *транспортиров* (рис. 3.15).

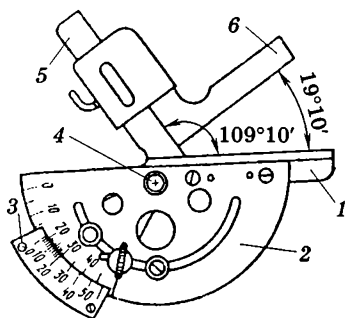


Рис. 3.14. Угломер:

1 — линейка основания; 2 — основание с градусной шкалой; 3 — сектор со шкалой нониуса; 4 — ось; 5 — поворотная линейка; 6 — съемный угольник

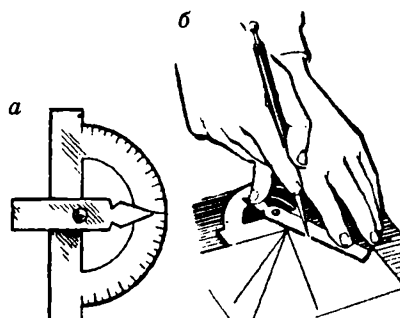


Рис. 3.15. Транспортир (а) и его применение (б)

При разметке транспортир устанавливают на заданный угол, удерживая левой рукой его основание, а правой поворачивают широкий конец линейки до тех пор, пока второй ее конец в виде стрелки не совпадет с делением заданного градуса, нанесенным на основании. После этого линейку фиксируют стопором и чертилкой наносят линию.

### 3.4. Подготовка к разметке

Перед разметкой необходимо:

1) изучить чертеж размечаемой детали (выяснить ее размеры и назначение; наметить план разметки; определить инструмент и приспособления для разметки);

2) подготовить и проверить заготовку (очистить ее стальной щеткой от пыли, грязи, окалины, следов коррозии и т.п., невидимые трещины выявить путем обстукивания молотком на дребезжание, измерить заготовку); все размеры заготовки

должны быть тщательно рассчитаны, чтобы после обработки на поверхности не осталось дефектов;

3) определить поверхности (базы) заготовки, от которых следует выполнять разметку. Базами могут быть: а) наружные кромки заготовки или обработанные поверхности; б) оси симметрии или центровые линии у симметричных деталей (размеры надо откладывать только от выбранных баз, что повышает точность разметки);

4) подготовить красители и окрасить поверхности заготовки.

Для окрашивания заготовок из черных металлов (сталь, чугун) используют *меловые растворы*:

- мел, разведенный в воде, с добавлением льняного масла (клеящее вещество) + сиккатив (для быстрого высыхания);
- мел (1 кг), разведенный в воде (8 л) и доведенный до кипения, с добавлением 50 г столярного клея.

Для окрашивания неотвественных заготовок применяют *сухой кусковой мел*, для окрашивания ответственных заготовок — 10% -й *раствор медного купороса*. На один стакан воды берут три чайные ложки купороса и растворяют его. После испарения воды на поверхности заготовки осаждается слой меди, на который хорошо наносятся разметочные риски.

*Спиртовой лак* применяют при точной разметке небольших деталей, *быстросохнущие лаки и краски* — для покрытия поверхностей больших обработанных стальных, чугунных и алюминиевых отливок.

Красители наносят на заготовку с помощью кисточки. Заготовку держат в левой руке в наклонном положении (рис. 3.16) или располагают на верстаке. Тонкий равномерный слой красителя наносят на поверхность перекрестными вертикальными и горизонтальными движениями кисти. Во избежание подтеков раствор набирают только концом кисти в небольшом количестве.

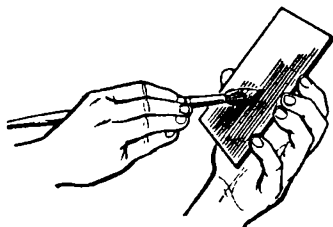


Рис. 3.16. Нанесение красителей на заготовку

В том случае, если разметочные линии хорошо видны на металле, можно обойтись без окрашивания.



## Приемы плоскостной разметки

Разметку выполняют на разметочных плитах. В первую очередь проводят линии, принятые за базы. Затем наносят разметочные линии в следующем порядке: сначала горизонтальные, затем вертикальные, после этого — наклонные; последними наносят дуги, окружности, закругления и сопряжения. Вычерчивание дуг в последнюю очередь дает возможность проверить точность расположения прямых линий: если линии нанесены точно, дуга замкнет их и сопряжение получится правильным. Разметку можно считать законченной, если изображение на плоскости заготовки полностью соответствует чертежу. В некоторых случаях порядок нанесения разметочных линий не совпадает с предложенным. Так, например, наклонные линии, касательные к дуге, проводят после нанесения дуги.

Прямые линии наносят чертилкой, ведя ее вдоль масштабной линейки (рис. 3.17). Чертилку наклоняют от линейки в сторону ее движения под углом  $75...80^\circ$  к плоскости заготовки. Линию проводят только один раз. При повторном проведении линии точность разметки снижается. Поэтому, если линия проведена плохо, ее закрашивают и проводят заново.

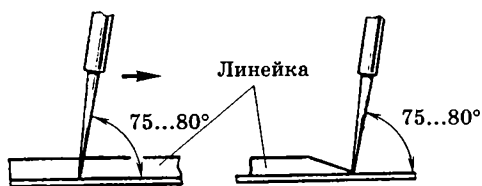


Рис. 3.17. Нанесение прямой линии с помощью чертилки и масштабной линейки

Перпендикулярные линии наносят чертилкой с помощью угольника (рис. 3.18). Первую линию проводят по угольнику, полку которого прикладывают к боковой поверхности (В) разметочной плиты (положение I угольника). После этого угольник прикладывают полкой к боковой поверхности (А) (положение II угольника) и проводят вторую линию, которая будет перпендикулярна к первой.

Параллельные линии удобнее всего проводить с помощью угольника с широким основанием или с Т-образной полкой (рис. 3.19). Когда это невозможно, делают отметки в двух местах на равном расстоянии от первой линии и с помощью чертилки и линейки проводят через них параллельную ей линию.

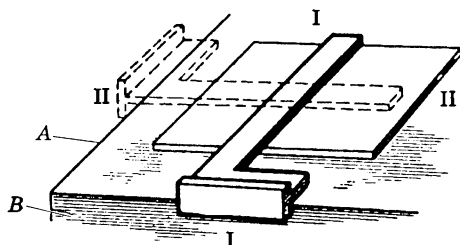


Рис. 3.18. Нанесение перпендикулярной линии с помощью угольника

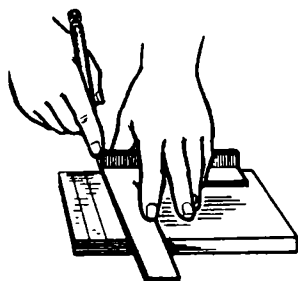


Рис. 3.19. Нанесение параллельных линий с помощью угольника

Наклонные линии проводят с помощью чертилки и транспортира или угомера. Более точное построение можно выполнить путем построения двух катетов  $MM_1$  и  $OM_1$  (рис. 3.20). Зная координаты точки пересечения катетов, проводят наклонную линию. В данном случае построение наклонной линии сведено к построению координат какой-либо точки на ней. К этому же можно свести

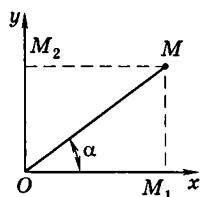


Рис. 3.20. Построение наклонной линии по координатам

построение наклонных линий, заданных уклоном (уклон — это

тангенс угла наклона линии:  $\operatorname{tg} \alpha = \frac{MM_1}{OM_1}$ ).

Окружности и дуги размечают с помощью разметочных циркулей (рис. 3.21). Усилие прикладывается к той ножке, которая установлена в накерненный центр окружности, иначе циркуль может сместиться. Если центр окружности не наме-

чен, его находят с помощью центроискателя. Для обработанной цилиндрической заготовки центроискатель устанавливают на ее торец и в двух положениях центроискателя проводят две линии вдоль биссектрисы угла (рис. 3.22). Точка пересечения этих линий и есть искомый центр. При точной разметке центры отверстий и дуг находят геометрическим путем.



Рис. 3.21. Разметка окружностей

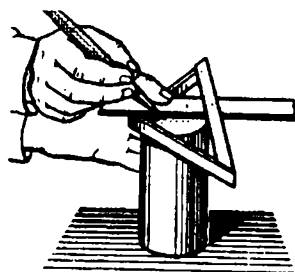


Рис. 3.22. Отыскание центра окружности с помощью центроискателя

Для закрепления разметочных линий применяют их накернивание.

**Керном** называется углубление (лунка), образовавшееся от действия острия кернера при ударе по нему молотком. Масса молотка (от 50 до 200 г) должна быть соразмерна массе кернера. Керны наносятся равномерно. Расстояния между ними составляют 10...50 мм на прямых участках (в зависимости от размеров детали) и 5...10 мм в углах и на дугах. Керны обязательно ставят на пересечениях линий и закруглениях. Линию окружности достаточно накернить в четырех местах — в местах пересечения осей (рис. 3.23). Керны для сверления отверстий делают более глубокими, чтобы сверло меньше уведило в сторону от разметочной точки.

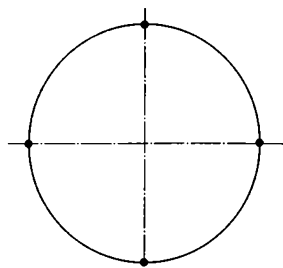


Рис. 3.23. Накернивание окружности



При работе кернер берут тремя пальцами левой руки (рис. 3.24), слегка наклоняют его от себя, ставят острием точно на разметочную линию так, чтобы острие было строго на середине линии, и прижимают к намеченной точке. Затем ставят кернер в вертикальное положение и наносят по нему легкий удар разметочным молотком. В такой же последовательности делают керны по всем разметочным линиям с соблюдением промежутков между лунками.

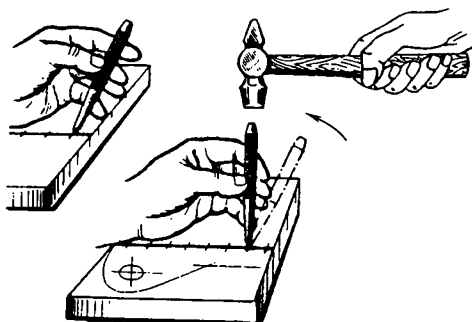


Рис. 3.24. Накернивание разметочных линий

На обработанных поверхностях точных деталей разметочные линии не кернят.

При изготовлении больших партий совершенно одинаковых деталей применяют *разметку по шаблону*. Для этого изготавливают из листового материала шаблон толщиной 0,5...1 мм (для сложных деталей — 3...5 мм), который полностью соответствует контуру будущей детали.

Суть разметки по шаблону заключается в том, что его накладывают на предварительно окрашенную заготовку и проводят чертилкой линии вдоль контура шаблона (рис. 3.25). При таком методе повышается производительность и точность разметки. После разметки чертилкой производится накернивание разметочных линий кернером.

В ремонтном деле применяется *разметка по образцу*, когда вышедшая из строя деталь может служить шаблоном при разметке новой детали, заменяющей ее. При этом учитывают износ детали.

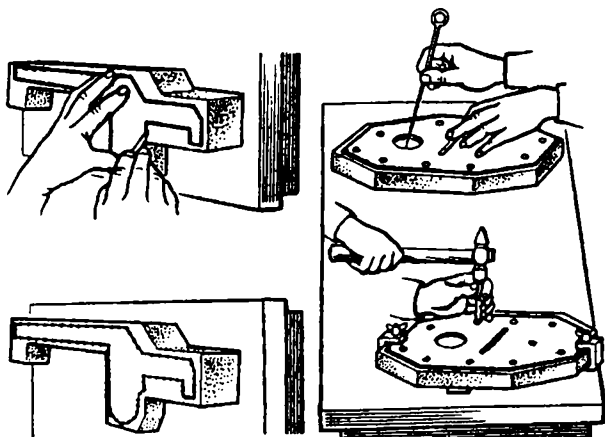


Рис. 3.25. Разметка по шаблону

Разметку на заготовках из алюминия и дюралюминия можно выполнять карандашом.

Для точной разметки применяют более точные измерительные и разметочные инструмент и приборы. Поверхность заготовки тщательно очищают и покрывают тонким слоем раствора медного купороса. При нанесении линий пользуются штангенрейсмасом с точностью 0,05 мм, а размеры устанавливают с помощью плоскопараллельных концевых мер длины (плиток). Риски проводят неглубокие, а накернение производят острозаточенным кернером.

Разметка заготовок на обычных разметочных плитах с применением штангенрейсмасов, концевых мер длины и другого ручного вспомогательного инструмента не соответствует современному уровню развития техники и технологии производства.

Для разметки крупных заготовок используют *координатно-разметочные машины* (рис. 3.26). Измерительная головка 1 с разметочной иглой 3 перемещается в продольном и поперечном направлениях по траверсе 2 разметочной машины. Вертикальное перемещение иглы осуществляется с помощью специального устройства. Перемещения вдоль координатных осей могут происходить последовательно или одновременно. Положение иглы фиксируется на световом табло.

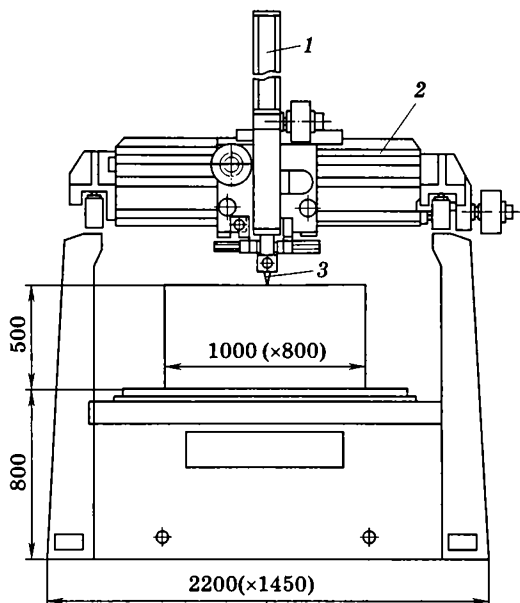


Рис. 3.26. Координатно-разметочная машина:

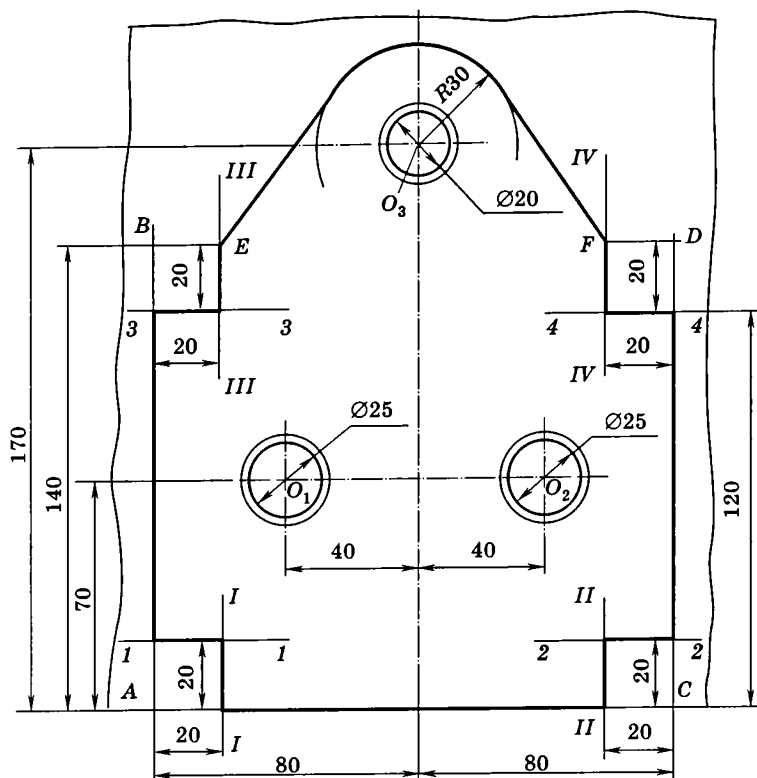
1 — измерительная головка; 2 — траверса; 3 — разметочная игла

В комплект поставки к разметочным машинам обычно включают иглы-чертилки для проведения разметочных рисок, оправки для проверки отверстий и сверлильную машину для засверливания центровых отверстий.

Разметку средних и мелких заготовок выполняют на небольших координатно-разметочных машинах.

В качестве примера выполнения плоскостной разметки рассмотрим разметку подкладки (рис. 3.27).

За базу примем нижнюю обработанную плоскость. После окрашивания размечаемой плоскости делим основание заготовки на две части и из центра проводим с помощью угольника с широким основанием (полкой) осевую линию (вторая база для разметки). Откладываем по обе стороны от оси 80 мм и проводим перпендикуляры  $AB$  и  $CD$  к первоначальной базе. На прямых  $AB$  и  $CD$  откладываем размеры 20, 70, 120, 140 и 170 мм, делаем засечки и через них проводим горизонтальные линии 1—1, 2—2, осевые линии для отверстий диаметром 25 мм,



**Рис. 3.27. Пример плоскостной разметки**

линии 3—3, 4—4, линию для получения точек  $E$ ,  $F$  и осевую линию для отверстия диаметром 20 мм. Откладываем влево и вправо от оси 40 мм и делаем засечки. Через засечки с помощью Т-образного угольника проводим вертикальные линии  $I—I$ ,  $II—II$ ,  $III—III$ ,  $IV—IV$  и осевые линии для отверстий диаметром 25 мм. Из центра  $O_3$  циркулем проводим дугу радиусом 30 мм и окружности диаметром 20 мм, из центров  $O_1$  и  $O_2$  — окружности диаметром 25 мм, а также контрольные окружности, из точек  $E$  и  $F$  — наклонные линии, касательные к дуге радиусом 30 мм. После нанесения разметочных линий накерниваем их. Центры кернов должны быть расположены точно на разметочных линиях, чтобы после обработки на поверхности детали оставались половины кернов.

## Суть и назначение

### 3.6. пространственной разметки

*Пространственная разметка* — это разметка поверхностей заготовки, расположенных в различных плоскостях и под различными углами, выполняемая от какой-либо исходной поверхности или разметочной линии, выбранной в качестве базы. Базой могут служить обработанные и необработанные поверхности, центры отверстий. Поэтому, приступая к разметке, надо заранее определиться с базами, относительно которых будет производиться разметка.

При пространственной разметке требуется обеспечить форму и размеры каждой поверхности, а также их взаимное расположение. Точность разметки различных поверхностей достигается благодаря тому, что заготовка устанавливается на разметочную плиту и точно ориентируется относительно нее, разметочный инструмент базируется на плоскости плиты и перемещается по ней. Все наносимые им разметочные линии займут требуемое положение по отношению к одной и той же поверхности — плоскости плиты, а значит, будут взаимосвязаны.

## Инструмент и приспособления

### 3.7. для пространственной разметки

При пространственной разметке заготовку устанавливают и выверяют на разметочной плите; при этом используют установочные и делительные приспособления: призматические подкладки (призмы), кубики и ящики, выдвижные центры, поворотные и делительные приспособления, клинья, плоские и клиновые подкладки, а также разметочные угольники. Описание разметочных плит, клиньев, плоских и клиновых подкладок приводилось в § 3.2.

*Разметочные призмы* (рис. 3.28) предназначены для установки цилиндрических деталей. Эти призмы изготавливают

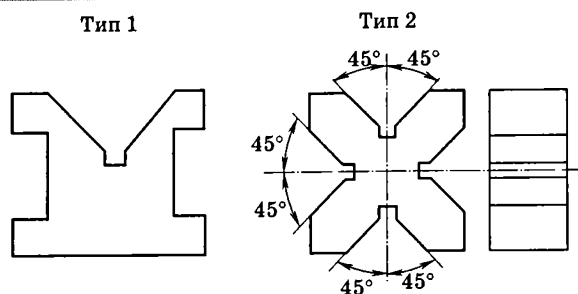


Рис. 3.28. Разметочные призмы

двух типов: с одной призматической выемкой и с четырьмя призматическими выемками. Призмы изготавливают из сталей марок ХГ, Г, У12 и серого чугуна СЧ15. По точности рабочих элементов разметочные призмы бывают нормальной и повышенной точности. Для установки длинных цилиндрических заготовок используют несколько призм одинаковых размеров.

Детали, не имеющие плоского основания, устанавливают по горизонтальной и вертикальной плоскостям с помощью **домкратиков** (рис. 3.29). Головки домкратиков, на которые опирается заготовка, выполняются съемными и могут иметь различную форму.

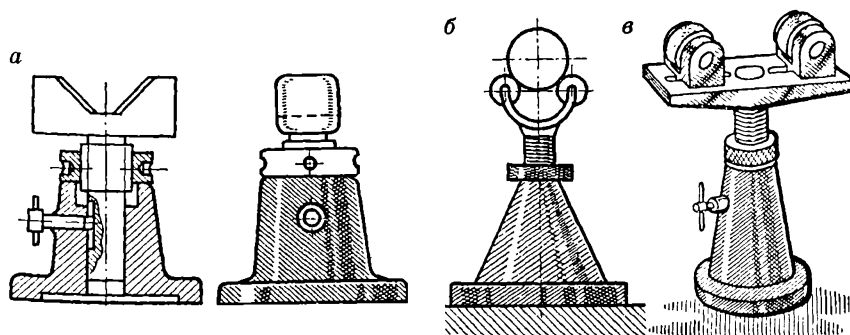


Рис. 3.29. Разметочные домкратики:

а — призматический; б — роликовый; в — с регулируемым расстоянием между роликами

Для разметки применяются *разметочные кубики* (рис. 3.30) с отверстиями различной конфигурации. Все их стороны обрабатываются так, чтобы обеспечить строгую взаимную перпендикулярность всех плоскостей. Заготовки, подлежащие разметке, крепятся к кубику с помощью планок или болтов. Такие кубики используют также для вычерчивания вертикальных линий на размечаемых деталях или как подставки для рейсмаса при разметке громоздких деталей.

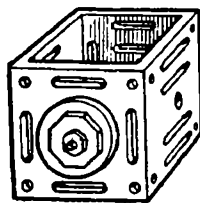


Рис. 3.30. Разметочный кубик

*Разметочные ящики* (рис. 3.31) — это пустотелые чугунные призмы различных размеров с ребрами жесткости внутри. На них устанавливают и крепят с помощью струбцин, болтов и прихватов детали сложной формы. При разметке заготовок кубики и ящики перекаптовывают на разметочной плите.

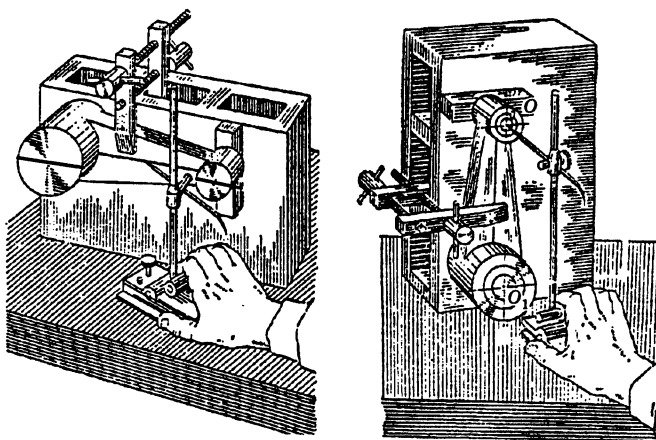


Рис. 3.31. Разметка с помощью разметочного ящика

*Выдвижной центр* имеет следующее устройство (рис. 3.32, а): с помощью зубчатого колеса 2 и зубчатой рейки 3 он может выдвигаться на высоту до 400 мм по отношению к основанию 1. В нужном положении площадка 4 фиксируется зажимом 5. Выдвижная площадка создает удобства для разметки окружностей, расположенных на разной высоте (рис. 3.32, б).

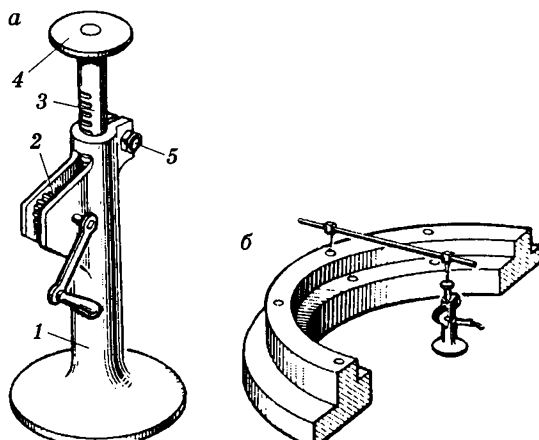


Рис. 3.32. Выдвижной центр:

*а* — устройство (1 — основание; 2 — зубчатое колесо; 3 — зубчатая рейка; 4 — площадка; 5 — зажим); *б* — применение

Для установки заготовки на определенный угол по отношению к плоскости разметочной плиты применяют **поворотные приспособления**.

Для поворота заготовки на определенный угол, а также деления окружности на равные и неравные части используют **делительные приспособления**. Примером может служить делительное приспособление конструкции С.В. Ласточкина (рис. 3.33). Круглый стол 5 с Т-образными пазами 6 для крепления заготовок имеет лимб на  $360^\circ$ . На стол можно устанавливать трехкулачковый патрон для центрирования и зажима цилиндрических заготовок. Угол наклона оси стола 7 отсчитывают с помощью сектора 4 со шкалой 3 на  $180^\circ$  и нониуса 1, расположенного на скосе окна корпуса 8. На столе возможна разметка заготовок различной формы. Для этого снимают трехкулачковый патрон, а заготовку крепят специальными прихватами, установленными в Т-образные пазы. Для точной и быстрой установки углов через каждый градус используют специальный фиксатор 2 поворота относительно обеих осей вращения. Делительное приспособление может иметь электромагнит или подключаемый постоянный магнит. Такие приспособления более производительны, поскольку сокращается время на зажим заготовки.



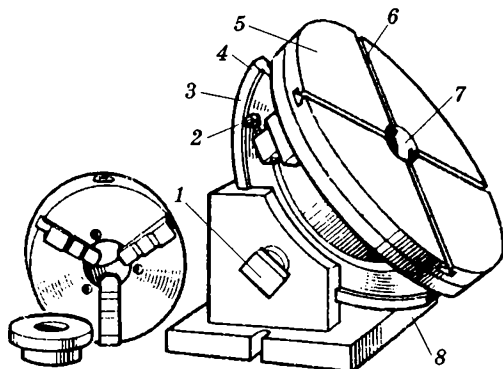


Рис. 3.33. Делительное приспособление:

1 — нониус; 2 — фиксатор; 3 — шкала; 4 — сектор; 5 — круглый стол;  
6 — Т-образные пазы; 7 — ось стола; 8 — корпус

**Разметочный угольник** (рис. 3.34) служит в качестве вертикальной опоры для заготовки, прикрепленной к боковой поверхности угольника. По нему может перемещаться рейсмас при разметке вертикальных линий.

Основные инструменты для пространственной разметки — рейсмас и штангенрейсмас.

**Рейсмас** (рис. 3.35) имеет стойку, установленную в основание. По стойке в вертикальном направлении перемещается хомут с отверстием для установки и крепления чертилки. Хомут в нужном положении закрепляется винтом. Для установки рейсмаса на определенный размер применяют вертикальные линейки.

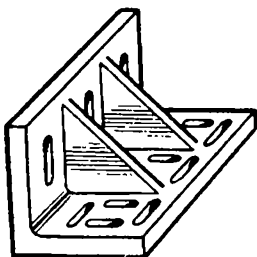


Рис. 3.34. Разметочный угольник

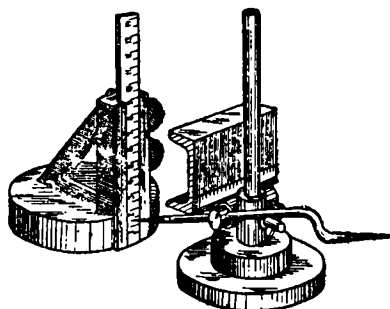


Рис. 3.35. Рейсмас

По конструкции рейсмасы бывают разными. На рис. 3.36 показан микрорейсмас с измерительными барабанами. Он состоит из круглого основания 1, неподвижно соединенного со стойкой-рейкой 2, по которой при вращении установочных винтов 4 перемещается каретка 5, несущая чертилку 3. Величину вертикального перемещения отсчитывают по круговым шкалам мерительных барабанов. Наличие двух систем мерительных барабанов позволяет вести отсчет в направлении от плиты и до плиты, что упрощает разметку.

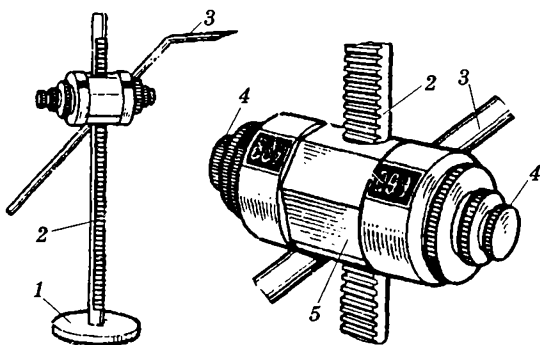


Рис. 3.36. Микрорейсмас с измерительными барабанами:  
1 — основание; 2 — стойка-рейка; 3 — чертилка; 4 — установочные винты; 5 — каретка

Для ускорения процесса разметки применяют рейсмасы с несколькими чертилками, установленными на одной или нескольких стойках. Один из них конструкции К.Ф. Крючека показан на рис. 3.37.

**Штангенрейсмас** (рис. 3.38) является основным инструментом для пространственной разметки. Он имеет основание 7, в которое неподвижно установлена штанга 6 с миллиметровой шкалой. Имеются рамка 5 с нониусом, хомутики 3, 4, разметочная ножка 1, два стопорных винта. В комплект инструмента входит также измерительная ножка 2.

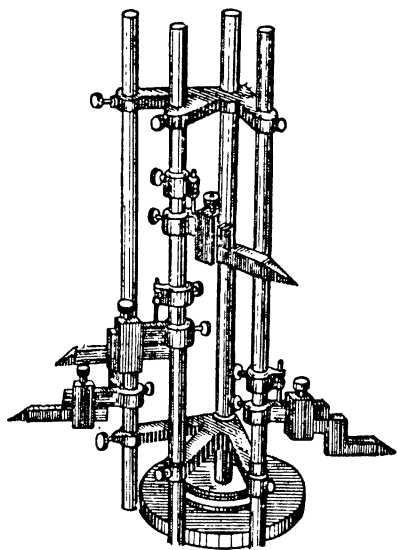


Рис. 3.37. Рейсмас с четырьмя чертилками

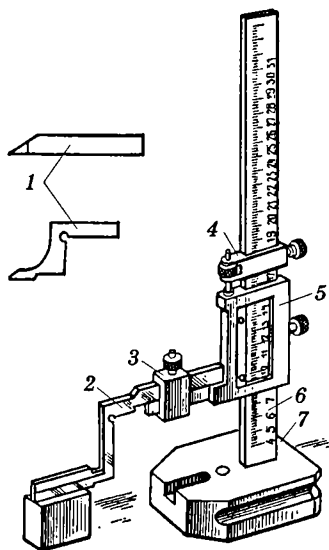


Рис. 3.38. Штангенрейсмас:  
1 — разметочная ножка; 2 — измерительная ножка; 3, 4 — хомутики; 5 — рамка; 6 — штанга; 7 — основание

*Штангенрейсмас с центроискателем* (рис. 3.39) позволяет контролировать и разметать цилиндрические поверхности. На основании 1 установлена штанга 6 с выдвижной масштабной линейкой 7. Она может устанавливаться в нужном положении и закрепляется хомутиком 2. На одной губке рамки 5 хомутиком 4 крепится центроискатель 3, на второй — чертилка 8. Центроискателем находят центр цилиндрической поверхности и чертилкой проводят центровую линию.

Для разметки окружностей, центры которых расположены в различных плоскостях, применяется *универсальный штангенциркуль* конструкции С.В. Ласточкина (рис. 3.40). На штанге штангенциркуля закрепляется винтом 1 плоская чертилка 2. По штанге 9 перемещаются рамка 6 с нониусом 3 и хомутик 8 (закрепляется винтом 7) с узлом микрометрической подачи 10, 11 для точной установки. В выступающую часть рамки вставляются и закрепляются винтом 12 сменные ножки 13–15, а также удлинитель 16. Конусные ножки могут

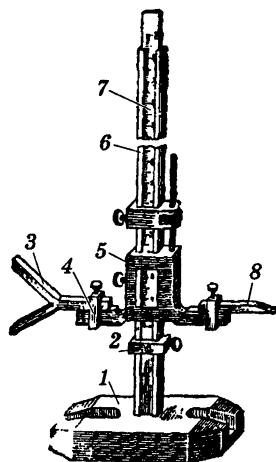


Рис. 3.39. Штангенрейсмас с центроискателем:

1 — основание; 2, 4 — хомутики; 3 — центроискатель; 5 — рамка; 6 — штанга; 7 — выдвижная масштабная линейка; 8 — чертилка

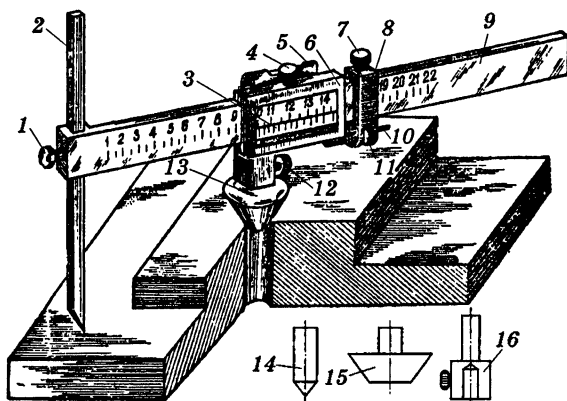


Рис. 3.40. Универсальный штангенциркуль:

1, 12 — винты; 2 — плоская чертилка; 3 — нониус; 4, 7 — зажимные винты; 5 — уровень; 6 — рамка; 8 — хомут; 9 — штанга; 10 — винт микрометрической подачи; 11 — гайка микрометрической подачи; 13–15 — сменные ножки; 16 — удлинитель

устанавливаться в отверстия, в связи с чем отпадает необходимость во вкладышах. Уровень 5 с ампулой позволяет проверить правильность установки инструмента.

### 3.8. Подготовка к разметке и выбор баз

Прежде чем приступить к разметке, слесарь должен обстоятельно ознакомиться с чертежами детали и заготовки и составить план разметки, т.е. определить, в каких положениях заготовка будет устанавливаться на плиту, какие при этом будут использоваться приспособления, каким способом будет выполняться разметка и какие линии будут наноситься при каждом положении заготовки на плите. Чтобы наметить правильный план разметки, необходимо ознакомиться с назначением и работой размечаемой детали, рассмотрев сборочные чертежи и технологию изготовления.

Далее заготовка проверяется путем наружного осмотра, обстукивания на наличие трещин и раковин. Выполняется размерный контроль заготовки на соответствие размерам чертежа. Корпусные заготовки подвергают гидравлическому испытанию. Заглушками закрывают все отверстия, кроме одного, и нагнетают внутрь воду. Увлажнение стенок заготовки свидетельствует о наличии трещин. Мелкие заготовки опускают в воду и внутрь нагнетают воздух. Наличие пузырьков указывает на наличие в заготовках трещин.

Размечаемые поверхности очищают от грязи и пыли. Места, где будут наноситься разметочные линии, окрашивают меловым раствором или раствором медного купороса. При выполнении всех подготовительных работ необходимо выбрать базовые поверхности. Основой качественной разметки является правильный выбор технологических баз, которые определяют дальнейшую обработку детали. При базировании заготовки необходимо придерживаться следующих правил:

- если хотя бы одна из поверхностей заготовки обработана, ее следует принять за технологическую и измерительную базы (рис. 3.41);
- если деталь имеет приливы, бобышки или отверстия, то при нанесении центровых рисок это следует учитывать;
- у симметричных деталей за базовые линии могут быть приняты оси симметрии или центровые линии;

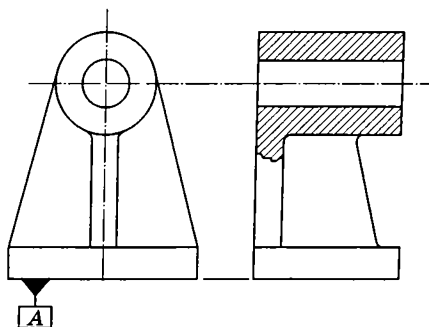


Рис. 3.41. Выбор баз при разметке кронштейна

- размечаемую заготовку надо устанавливать на разметочной плите с помощью подкладок, призм или домкратиков так, чтобы одна из главных осей была параллельна плоскости разметочной плиты. Обычно рекомендуется, чтобы центровая линия имела наибольшую протяженность. При разметке все размеры следует откладывать от одной поверхности.

На практике пользуются следующим приемом: исходя из принятой по приведенным выше соображениям базовой поверхности, наносят основную ось и от нее откладывают все остальные размеры. Заготовки с обработанными поверхностями можно ставить прямо на разметочную плиту.

Изделия с цилиндрическими поверхностями устанавливают на одну призму или (при значительной длине) на две.

Небольшие детали сложной формы прикрепляют струбцинами или планками к разметочным ящикам, кубикам либо угольникам в необходимом положении.



## Приемы пространственной разметки

Поскольку при пространственной разметке положение заготовки все время меняется, принято называть *горизонтальными* те линии, которые занимают при первой установке заготовки горизонтальное положение, *вертикальными* — вертикальное, а *наклонными* — наклонное положение по отношению к поверхности разметочной плиты.

При пространственной разметке горизонтальные линии проводят с помощью штангенрейсмаса или рейсмаса (рис. 3.42). Необходимый размер на рейсмасе устанавливают по вертикальным линейкам. Рейсмас перемещают основанием по поверхности плиты вдоль заготовки. Чертилкой проводят горизонтальную линию, причем только один раз. Сначала проводят ось симметрии либо центровую линию, затем остальные.

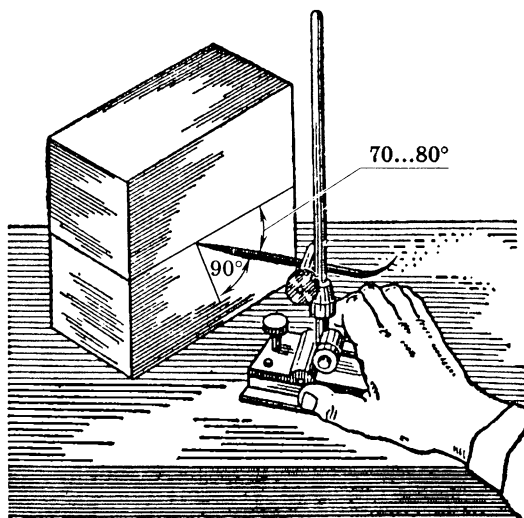


Рис. 3.42. Нанесение горизонтальной линии

Кроме основных разметочных линий параллельно им на расстоянии 5...7 мм желательно провести цветным карандашом контрольные линии, которые служат для проверки установки заготовки при дальнейшей обработке, а также для обработки в тех случаях, когда линия по каким-то причинам исчезла.

Разметка вертикальных линий может выполняться тремя способами:

- 1) по разметочному угольнику (на рис. 3.43); этот способ приемлем для разметки заготовок с плоскими поверхностями;
- 2) штангенрейсмасом или рейсмасом путем поворота (перекантовки) детали на  $90^\circ$  (рис. 3.44). После разметки горизонтальных линий  $I$  заготовку поворачивают на  $90^\circ$  и угольником

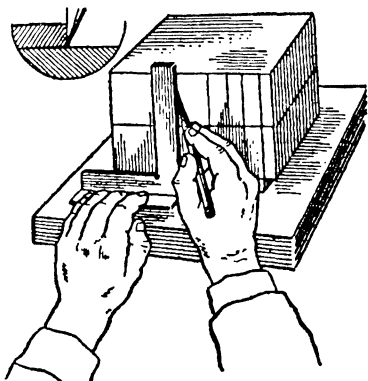


Рис. 3.43. Разметка вертикальных линий с помощью угольника

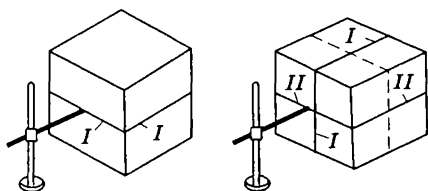


Рис. 3.44. Разметка вертикальных линий путем перекантровки заготовки на  $90^\circ$

выверяют ее положение по этим линиям. Затем проводят рейсмасом вертикальные линии *II*. Детали небольших размеров можно прикреплять к разметочному ящику и перекантовывать вместе с ним (см. рис. 3.31);

3) с применением дополнительных плоскостей (этот способ применяется для заготовок больших размеров). Разметочный ящик (угольник) устанавливают на разметочную плиту (рис. 3.45). Рейсмас перемещают основанием по ящикам в вертикальном направлении так, чтобы чертилка касалась размечаемой поверхности.

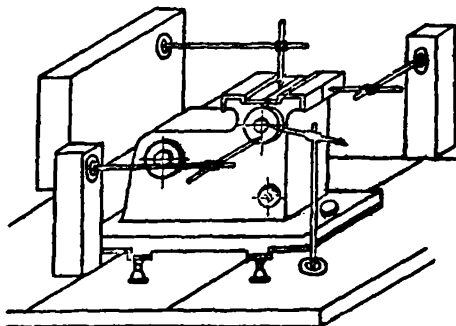


Рис. 3.45. Разметка с применением дополнительных плоскостей



Наклонные линии можно размечать следующими способами:

1) путем поворота заготовки на поворотных приспособлениях. Размечаемую заготовку поворачивают так, чтобы наклонная линия заняла горизонтальное положение. Рейсмас перемещают по плите вдоль заготовки, и он размечает наклонную линию;

2) с помощью угломерного инструмента. Здесь используют угломер и его базирование одной стороной выполняют по разметочной плите;

3) путем геометрических построений — по координатам (см. рис. 3.20).

Способы проведения дуг и окружностей такие же, как и при плоскостной разметке. Для нанесения круговых линий на поверхности, лежащие в разных плоскостях, рекомендуется применять универсальный штангенциркуль конструкции С.В. Ласточкина (см. рис. 3.40).

Для разметки окружностей вокруг отверстий в отверстие заготовки вставляют деревянную планку или планку со свинцовой пластиной. Затем находят центр окружности, который накернивают на этой планке, а из центра с помощью разметочного циркуля прочерчивают окружность заданного радиуса. При разметке отверстий обычно наносят две окружности. Вторая из них, так называемая контрольная, несколько большего радиуса, чем основная. Основную окружность накернивают достаточно часто, а на контрольной керны ставят обычно в точках пересечения с осями.

Разметку цилиндрических деталей выполняют на плите с применением одной или двух призм (рис. 3.46). Вначале поверхность заготовки покрывают раствором медного купороса. Затем находят центр на торце с помощью центроискателя, устанавливают заготовку на призму и проверяют ее горизонтальность. С помощью рейсмаса наносят на торец горизонтальную

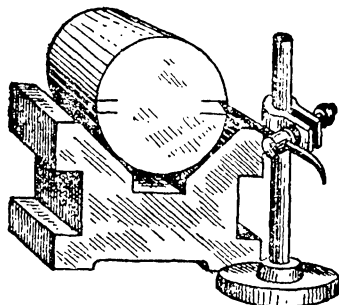


Рис. 3.46. Разметка цилиндрической детали на призме

линию, проходящую через центр; поворачивают заготовку на  $90^\circ$  и проверяют вертикальность прочерченной линии по угольнику. Проводят на торце следующую линию.

Рассмотрим пространственную разметку на примере шатуна (рис. 3.47). За базы примем плоскость  $A$ , которая не подвергается обработке, и ось симметрии  $II-II$ . В первом положении (рис. 3.47, а) устанавливаем шатун на домкратик 1 и подкладку 2 так, чтобы поверхность  $A$  была параллельна плите. Циркулем делим толщину тела шатуна (70 мм) пополам и через полученную точку рейсмасом проводим по периметру центровую риску  $I-I$ , от которой откладываем вверх 80 мм и вниз 90 мм. Рейсмасом проводим линии вокруг обеих ступиц.

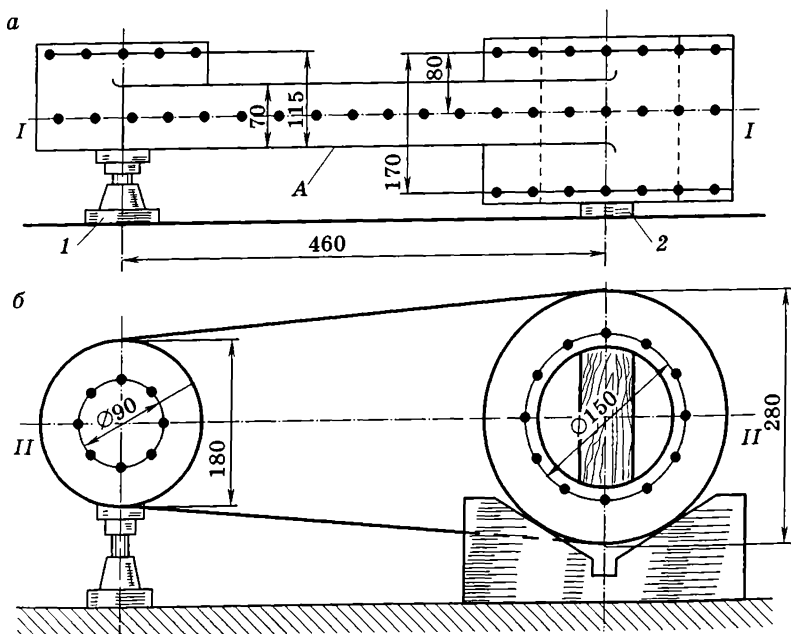


Рис. 3.47. Разметка шатуна:  
1 — домкратик; 2 — подкладка

Перед тем как перекантовать шатун, в отлитое отверстие большой ступицы забиваем деревянную планку. В положении, показанном на рис. 3.47, б, шатун устанавливаем так,

чтобы плоскость *A* занимала вертикальное положение. Принимая за базу наружную поверхность большой ступицы, находим циркулем ее центр, накерниваем его и проводим окружность диаметром 150 мм. На малой ступице делим диаметр головки (180 мм) пополам для нахождения второго центра. С помощью домкратика устанавливаем шатун так, чтобы оба центра ступиц лежали на одном расстоянии от плоскости разметочной плиты, и с помощью рейсмаса проводим осевую линию *II—II*. На ней откладываем центр большой ступицы (размер 460 мм) и накерниваем центр малой ступицы. Из этого центра описываем окружность диаметром 90 мм, а затем с помощью угольника проводим вертикальные осевые линии. Для проверки точности разметки отверстий проводим контрольные окружности. После выполнения разметки накерниваем разметочные и центровые линии.

При разметке крупных деталей выгодно применять *разметку по шаблону* (рис. 3.48), которая не требует никаких вычислений и геометрических построений. Для каждой поверхности изготавливают шаблон требуемой формы. Для ориентирования на заготовке он имеет центровые линии и вырезы на их концах. На заготовку наносят также центровые линии, прикладывают шаблон так, чтобы они совпали, и обводят чертилкой контур шаблона.

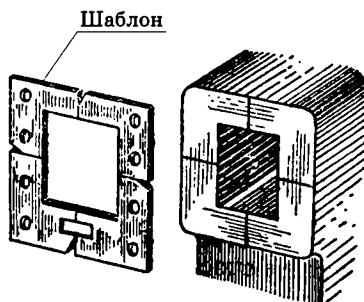


Рис. 3.48. Разметка по шаблону

Вместо шаблона разметку можно выполнять по готовому изделию. Применяется также разметка «по месту».

*Разметка по готовому изделию* может быть выполнена при необходимости изготовления только одной детали, аналогичной другой (например, при ремонте детали, вышедшей из строя). Этот способ состоит в следующем. Старую деталь устанавливают рядом с заготовкой и в каждом положении, необходимом для разметки, выверяют обе детали на домкратиках с помощью рейсмаса и линейки. Затем устанавливают рейсмас

по старой детали и постепенно переносят все размеры на заготовку.

Суть *разметки «по месту»* заключается в нанесении места будущих отверстий под болты и шпильки через просверленные отверстия одной детали на другую сопряженную деталь. Этот способ обеспечивает точное совпадение размечаемых отверстий на сопрягаемых деталях и исключает дополнительную пригонку.

На рис. 3.49 показано, как размечаются отверстия в детали 2 при наложении на нее фланца с отверстиями 1. Независимо от точности расположения отверстий разметка «по месту» обеспечивает правильное сопряжение деталей в сборе. Этот способ приемлем в единичном производстве.

Для повышения производительности разметочных работ применяют фронтальную разметку, экранную и групповую разметку по эталонной детали.

При *фронтальной разметке* партия одинаковых деталей одновременно устанавливается и выверяется так, чтобы их базовые поверхности находились на одинаковом расстоянии от поверхности разметочной плиты. После этого чертилку рейсмаса последовательно настраивают на наружные размеры и проводят разметочные линии на всех деталях.

*Экранная разметка* применяется для крупногабаритных корпусных заготовок с одной установкой. Для этого на специальные экраны-шаблоны, выполненные из металлических или пластмассовых пластин, наносятся в масштабе 1:1 ортогональные проекции размечаемой детали со всеми линиями, подлежащими переносу на деталь. Такие экраны-шаблоны выверяются по базовым поверхностям детали и точно фиксируются на плите. Перемещением рейсмаса разметочные линии экрана переносятся на деталь.

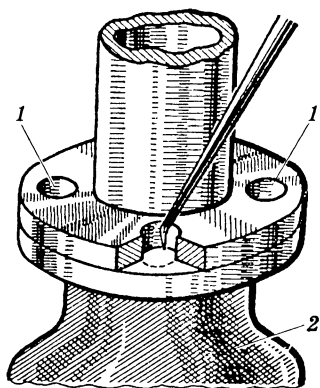


Рис. 3.49. Разметка отверстий «по месту»:  
1 — отверстия фланца;  
2 — размечаемая деталь

На рис. 3.50 показана схема экранной разметки: разметочные линии с экрана 1, устанавливаемого на подставке 2, переносятся на размечаемую деталь 3 путем перемещения рейсмаса из положения I в положение II. Экранная разметка снижает утомление рабочего, делает ненужным чертеж, исключает возможность ошибок при переносе размечаемого элемента.

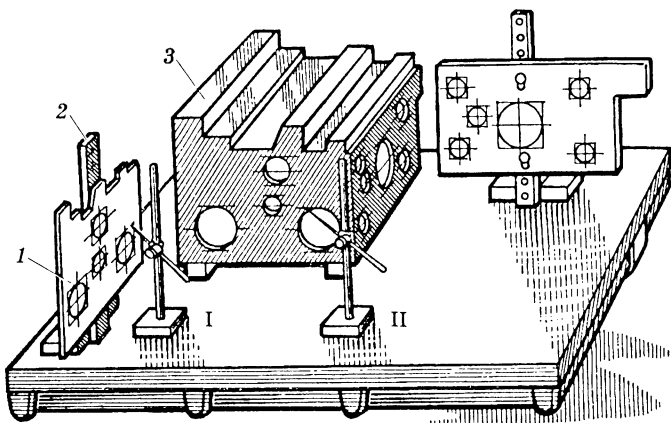


Рис. 3.50. Экранная разметка:

1 — экран; 2 — подставка; 3 — размечаемая деталь

*Групповая разметка по эталонной детали* заключается в том, что партия размечаемых деталей устанавливается так, чтобы их базы совпадали. Одна из деталей, принимаемая за эталонную, подвергается полной разметке. Затем с помощью рейсмаса или другим способом размеченные линии переносят с эталонной детали на все остальные.

Разметчик должен постоянно заботиться об оснащении своего рабочего места современными высокопроизводительными приспособлениями и инструментом. Использование при разметке даже простейших шаблонов повышает производительность труда в 5–10 раз. Применение при разметке многоигольчатого рейсмаса конструкции К.Ф. Крючека (см. рис. 3.37) повышает не только производительность, но и качество разметочных работ. А использование современных координатно-разметочных машин (см. рис. 3.26) позволяет выполнять разметку с точностью до тысячных долей миллиметра.

## **Брак при разметке. Организация рабочего места и безопасность труда**

Разметка — ответственная операция, требующая от слесаря или разметчика большого внимания. Любая ошибка в выполнении разметки ведет к браку. В итоге будет испорчен материал заготовки и бесполезно затрачено время на разметку и обработку.

Иногда брак при разметке происходит из-за неправильного чертежа, неточности разметочного и измерительного инструмента. Чаще виновником брака является слесарь (разметчик), неправильно прочитавший чертеж, неверно выбравший базу, отложивший неправильный размер.

Для получения качественной разметки необходимо внимательно изучить чертеж, проверить до начала разметки весь инструмент, хорошо заточить чертилку, кернер, соблюдать все правила нанесения разметочных линий.

Разметочные плиты — основное приспособление для разметки, от их точности зависит качество разметки. Необходимо бережно обращаться с ними: детали устанавливать на плиту осторожно, чтобы не повредить ее поверхность; не класть непосредственно на поверхность плиты заготовки с необработанными поверхностями; не ударять по плите. Чтобы плита не потеряла свою точность, при разметке следует использовать всю ее поверхность. По окончании разметки плиту тщательно протирают, смазывают машинным маслом и накрывают деревянным кожухом.

Надо бережно относиться к разметочному инструменту и приспособлениям, так как при механических повреждениях они теряют точность. Инструмент и чертежи располагают в определенных местах.

Необходимо помнить, что производительность разметочных работ и их качество зависят от рациональной организации рабочего места, применяемых способов разметки, инструмента и приспособлений.

В процессе разметки необходимо соблюдать правила организации рабочего места и применять безопасные приемы труда. Разметочный инструмент имеет острые рабочие части. Поэтому, работая чертилками и кернерами, следует быть внимательным, чтобы не поранить себя. Для чертилок желательно иметь защитные колпачки.

Детали надо устанавливать на разметочные плиты, верстаки устойчиво, иначе в процессе разметки они могут упасть и поранить рабочего.

Используя раствор медного купороса, необходимо помнить, что он ядовит. Поэтому его наносят только кисточкой, соблюдая меры предосторожности.

Работая электрическим кернером, следует соблюдать правила электробезопасности. Надо следить за состоянием изоляции кернера, так как под напряжением может оказаться заготовка и, коснувшись ее, рабочий получит электрический удар.

Рабочее место необходимо содержать в порядке и чистоте. На разметочной плите не должно быть ничего лишнего. Инструмент и вспомогательные материалы надо располагать так, чтобы каждый предмет можно было взять, не делая лишних движений.

Освещенность рабочего места при разметочных работах должна составлять 1000...2000 лк. Свет должен быть рассеянным.

### **Вопросы и задания для самоконтроля**

1. Какова суть плоскостной разметки?
2. Назовите приспособления, применяемые для плоскостной разметки.
3. Перечислите инструменты для плоскостной разметки.
4. Какие виды чертилок и кернеров вы знаете?
5. Каково назначение центроискателя?
6. Укажите углы заточки черилки и кернера.
7. Какие подготовительные работы выполняют перед разметкой?
8. Как готовят меловый раствор и раствор медного купороса? Почему для окрашивания деталей из меди и ее сплавов не пользуются медным купоросом?
9. В каком порядке наносят разметочные линии?
10. Опишите приемы нанесения горизонтальных, вертикальных и наклонных линий при плоскостной разметке.

11. Как обеспечивается закрепление разметки?
12. От чего зависит расстояние между кернами?
13. Как выполняется разметка по шаблону?
14. Как можно повысить точность разметки?
15. Какой разметочный инструмент (чертилка, масштабная линейка, кернер, разметочный циркуль, угольник, штангенциркуль ШЦ-II) необходимо выбрать для выполнения следующих работ: нанесение разметочных линий; построение углов; разметка окружностей диаметром более 250 мм; нанесение окружностей и перенесение размеров?
16. Как с помощью линейки и циркуля построить угол  $60^\circ$  и разделить его пополам?
17. Какова суть пространственной разметки? В чем ее отличие от плоскостной разметки?
18. Какие приспособления и инструмент применяют для пространственной разметки?
19. Опишите устройство рейсмаса и штангенрейсмаса.
20. Какие подготовительные операции выполняют перед пространственной разметкой?
21. Сформулируйте правило выбора баз.
22. Опишите приемы нанесения горизонтальных, вертикальных и наклонных линий при пространственной разметке.
23. Как выполняется разметка цилиндрических деталей?
24. Какова суть разметки «по месту»?
25. Назовите приемы фронтальной разметки.
26. Какова суть экранной разметки?
27. Как производится групповая разметка по эталонной детали?
28. Как установить на плите заготовку с обработанной и необработанной поверхностями?
29. Как выполняется разметка осевых линий и центров полых деталей?
30. В каких случаях производится пространственная разметка с перекантовкой размечаемых деталей?
31. В каких случаях производится пространственная разметка с применением разметочных ящиков?
32. В какой последовательности наносятся линии на поверхность размечаемой детали?
33. Как повысить точность разметки?
34. В каких случаях применяют координатно-разметочные машины?
35. Назовите виды брака при разметке и пути его предупреждения.
36. Опишите организацию рабочего места и правила безопасности труда при разметке.



# 4

## РУБКА МЕТАЛЛА

---

### Суть и назначение рубки.

#### 4.1. Процесс резания

---

*Рубка* — слесарная операция, в результате которой с помощью режущего инструмента (зубила, крейцмейселя или канавочника), а также ударного инструмента (слесарного молотка) с поверхности заготовки снимается лишний слой металла или заготовка разрубается на части. Слой металла, удаляемый при обработке заготовки, называется *припуском*.

Рубка металла применяется в тех случаях, когда по условиям производства станочная обработка трудновыполнима или нерациональна. В зависимости от качества поступающих на слесарную обработку деталей и назначения выполняемых операций рубка производится для удаления заусенцев и кромок на литых и штампованных деталях, прорубания смазочных канавок, вырубки раковин, неметаллических включений и других дефектов отливок. Операцию рубки слесарю приходится выполнять при отрубке металлических заготовок от прутков, полос, листов, при изготовлении прокладок, зачистке сварочных швов, удалении с заготовки больших неровностей, вырубании отверстий в тонком листовом материале.

Точность, получаемая при рубке, составляет 0,5...1,0 мм. Рубка считается черновой заготовительной операцией. Она выполняется при неподвижном положении обрабатываемой заготовки. Рубку наиболее целесообразно осуществлять в ступовых тисках (см. рис. 1.7), а громоздких деталей и вырубание отверстий или деталей из тонкого листового металла — на плите, наковальне.

При выполнении операции рубки происходит резание металла. *Резанием* называется процесс удаления с обрабатываемой заготовки лишнего слоя металла в виде стружки, осуществляемый с помощью режущего инструмента. Процесс резания

происходит при выполнении следующих операций: рубка, резка, опиливание, сверление, шабрение, притирка, а также при механической обработке заготовок на металлорежущих станках (токарных, фрезерных, строгальных и др.).

Режущая часть любого режущего инструмента имеет форму клина. Благодаря клиновидной форме режущий инструмент внедряется в обрабатываемый материал и производит резание металла.

Рассмотрим работу **клина** (рис. 4.1). Под действием силы  $P$  (рис. 4.1, *a*) на его боковых поверхностях возникают нормальные силы  $N$ , которые производят разделение металла:

$$N = \frac{P}{2 \sin(\beta/2)},$$

где  $\beta$  — угол заострения клина.

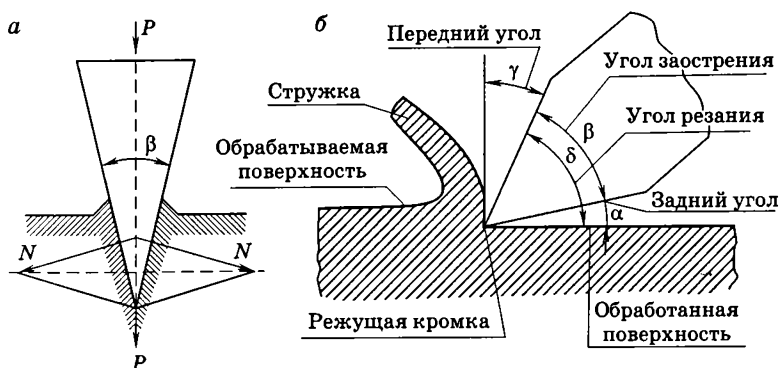


Рис. 4.1. Схема работы клина

Рассмотрим, как изменение угла  $\beta$  заострения клина влияет на условия резания. При  $\beta = 60^\circ$   $N = P$ , следовательно, нормальная сила равна действующей силе; при  $\beta < 60^\circ$   $N > P$ , т.е. имеется выигрыш в силе; при  $\beta > 60^\circ$   $N < P$ , т.е. для резания потребуется приложить большую внешнюю силу.

Таким образом, чтобы облегчить резание, надо уменьшить угол заострения клина, но тогда снижается прочность инструмента в связи с уменьшением площади его сечения. Это огра-

ничивает возможности уменьшения угла заточки. Выбор его величины определяется обрабатываемым материалом: чем тверже металл, тем больше должен быть угол заострения; чем мягче металл, тем угол заострения меньше.

Элементы и геометрическая форма режущей части зубила показаны на рис. 4.1, б.

На обрабатываемой заготовке различают обрабатываемую и обработанную поверхности. *Обрабатываемой поверхностью* называется поверхность, с которой будет сниматься припуск, а *обработанной* — поверхность, с которой припуск снят. Поверхность режущей части инструмента, обращенная к обработанной поверхности, называется *задней поверхностью*.

Угол между задней поверхностью инструмента и обработанной поверхностью называется *задним углом* и обозначается  $\alpha$ . Поверхность инструмента, по которой сходит стружка, называется *передней поверхностью*. Угол между передней поверхностью и перпендикуляром к обработанной поверхности называется *передним углом* ( $\gamma$ ). Передняя и задняя поверхности, пересекаясь, образуют *режущую кромку*. Угол между передней и задней поверхностями режущего инструмента называется *углом заострения* ( $\beta$ ), а угол между передней поверхностью инструмента и обработанной поверхностью — *углом резания* ( $\delta$ ). Он равен сумме углов  $\alpha$  и  $\beta$ .

Для геометрии режущей части любого режущего инструмента выполняется равенство

$$\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ.$$

Действие клинообразного инструмента на обрабатываемый металл изменяется в зависимости от положения оси клина и направления силы  $P$ . Различают два основных вида работы клина:

- 1) ось клина и сила  $P$  перпендикулярны к поверхности заготовки; в этом случае заготовка разрубается (см. рис. 4.1, а);
- 2) ось клина и направление действия силы  $P$  образуют с поверхностью заготовки угол меньше  $90^\circ$ ; в этом случае с заготовки снимается стружка (см. рис. 4.1, б).

При работе клина при угле меньше  $90^\circ$  его передняя поверхность сжимает находящийся перед ней срубаемый слой

металла, отдельные частицы которого смещаются относительно друг друга; когда напряжение в металле превысит прочность металла, происходит сдвиг и скалывание его частиц, вследствие чего образуется стружка.

В результате давления инструмента поверхностный слой упрочняется — образуется наклеп.

Процесс резания сопровождается нагревом заготовки и режущего инструмента. При повышении температуры инструмент теряет свою твердость, быстро затупляется и перестает резать. Для уменьшения нагрева инструмента применяют СОТС. Они отводят теплоту, создают между трущимися поверхностями пленки, разделяющие их и уменьшающие трение и износ.

## 4.2. Инструмент для рубки

Режущий инструмент при рубке — это зубило, крейцмейсель и канавочник, а ударный — слесарный молоток.

**Слесарное зубило** (рис. 4.2, а) состоит из трех частей: ударной (бойка) 1, средней 2 и рабочей 3. Рабочая часть зубила заканчивается заточенной клиновой формой 4, которая является режущей. Рабочая и ударная части зубила закаливаются, а затем отпускаются. После термической обработки рабочая часть зубила имеет твердость HRC 55...60, боек — HRC 35...40. Средняя часть зубила не закаливается.

Зубило изготавливают длиной 100, 125, 150, 175 и 200 мм, ширина рабочей части — соответственно 5, 10, 15, 20 и 25 мм.

**Крейцмейсель** (рис 4.2, б) отличается от зубила более узкой режущей кромкой. Он применяется для вырубки узких канавок, пазов и т.п. Чтобы крейцмейсель, углубляясь в канавку, не заклинивался, его режущую кромку делают несколько шире рабочей части. Крейцмейселем пользуются также для срубания припуска с широкой поверхности (рис. 4.3). В этом случае сначала прорубают узкие канавки, а затем выступающие части срубают зубилом. Углы заточки, твердость рабочей и ударной частей крейцмейселя те же, что и у зубила.

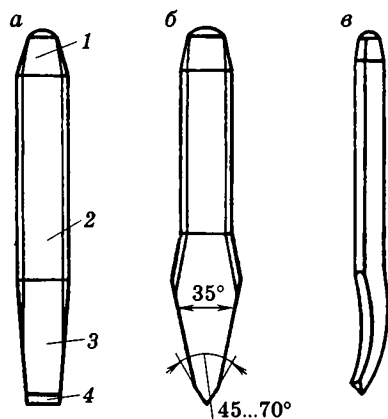


Рис. 4.2. Режущий инструмент для рубки:

*а* — зубило (1 — ударная часть; 2 — средняя часть; 3 — рабочая часть; 4 — режущая часть); *б* — крестомейсель; *в* — канавочник

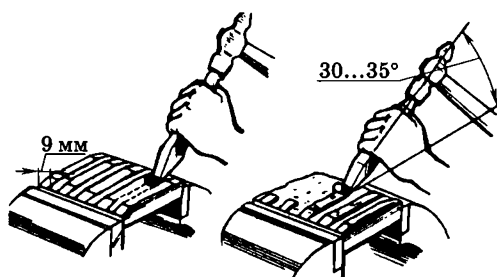


Рис. 4.3. Рубка широких поверхностей

**Канавочник** (рис. 4.2, *в*) отличается от крестомейселя только изогнутой формой режущей кромки и применяется для вырубания смазочных канавок во вкладышах и втулках подшипников скольжения.

Зубило, крестомейсель и канавочник изготавливают из сталей марок У7А, У8А, 7ХФ, 8ХФ.

В качестве ударного инструмента при рубке металла и при слесарно-монтажных работах применяются **слесарные молотки**. Они бывают двух типов: с круглым бойком (рис. 4.4, *а*) и квадратным (рис. 4.4, *б*).

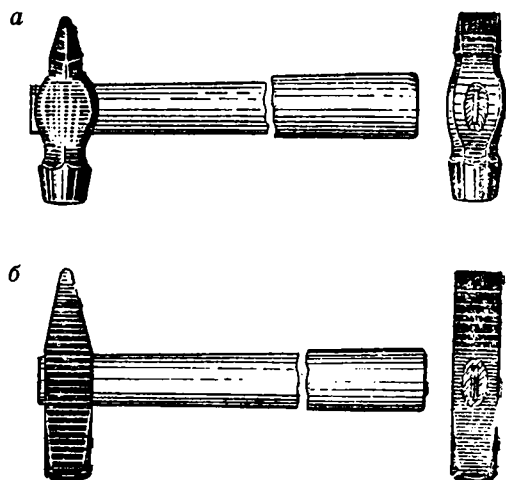


Рис. 4.4. Слесарные молотки:  
а — с круглым бойком; б — с квадратным бойком.

Молоток состоит из рабочих частей (бойка и носка), а также средней части с отверстием под рукоятку. Изготавливают молотки из стали марок У7, 50, 40Х. Боек и носок закалывают с последующим отпуском до твердости HRC 50...56. Сердцевина молотка должна оставаться вязкой и незакаленной.

Основной характеристикой молотка является его масса (табл. 4.1).

Таблица 4.1

**Характеристика и области применения слесарных молотков**

Тип молотка	Масса молотка, г	Область применения
С квадратным бойком	500, 100, 200	Разметка, инструментальные работы
	400, 500, 600	Слесарные работы
	800, 1000	Ремонтные работы
С круглым бойком	200	Разметка, инструментальные работы
	400, 500, 600	Слесарные работы
	800, 1000	Ремонтные работы

Отверстие под рукоятку имеет овальную форму, расширяющуюся к выходу в обе стороны. Это обеспечивает надежное крепление молотка на рукоятке. Располагается отверстие так, чтобы его центр был к носку ближе, чем центр тяжести

молотка. Это обеспечивает бóльшую устойчивость и лучшее использование массы при ударе.

Молотки насаживают на деревянные рукоятки из твердых и упругих пород деревьев (кизил, граб, клен, рябина, ясень, береза). Рукоятка имеет овальное сечение, увеличивающееся к концу, и должна иметь гладкую, отполированную поверхность. Закрепляется молоток деревянными или металлическими клиньями. Рекомендуется следующая длина ручки: 200 мм для молотка массой 50 г, 250 — для молотка массой 100 и 200 г, 320 — для молотка массой 400 и 500 г, 360 — для молотка массой 600 и 800 г и 400 мм для молотка массой 1000 г.

### 4.3. Заточка инструмента для рубки

Заточку зубил и крейцмейселей производят на заточных (точильных) станках (рис. 4.5). Для заточки инструмента из инструментальной стали (углеродистой, легированной) применяют шлифовальный круг из электрокорунда зернистостью 40, 50 или 63 на керамической связке.

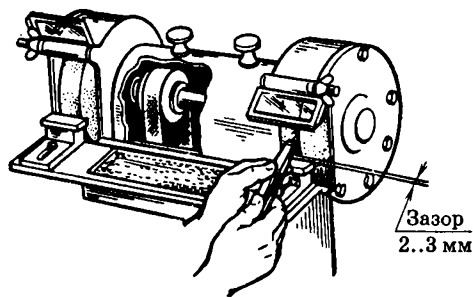


Рис. 4.5. Заточка зубила на заточном станке

Перед началом работы надо установить подручник заточного станка таким образом, чтобы зазор между ним и периферией шлифовального круга не превышал 2...3 мм, опустить защитный экран и включить заточный станок. Взяв зубило

в обе руки, расположить его под углом  $30...40^\circ$  к периферии круга и с легким нажимом медленно перемещать по всей ширине круга. В процессе заточки зубило следует периодически поворачивать то одной, то другой стороной, что обеспечит равномерную и симметричную заточку. При этом его для охлаждения надо опускать в воду. Нельзя допускать сильных нажимов на затачиваемый инструмент, так как это приводит к перегреву режущей кромки и потере первоначальной твердости инструмента. Боковые грани зубила после заточки должны быть плоскими, одинаковыми по ширине и с одинаковыми углами наклона. После заточки мелкозернистым абразивным бруском снимают заусенцы на режущей кромке зубила (заправляют зубило).

Рекомендуемые углы заточки зубила:  $35...40^\circ$  для рубки мягких материалов (алюминия, меди и латуни);  $60^\circ$  для материалов средней твердости (сталь);  $70^\circ$  для твердых материалов (чугун и твердая сталь).

Угол заточки проверяют шаблоном, на котором имеются угловые вырезы с углами  $35^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $70^\circ$  (рис. 4.6).

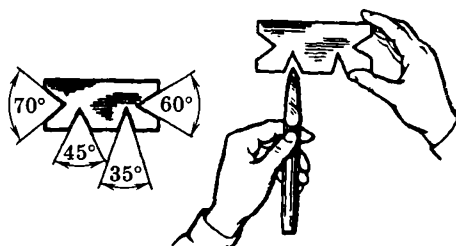


Рис. 4.6. Контроль заточки зубила шаблоном



## Основные приемы рубки

Рубка выполняется в тисках, на плите и наковальне. Желательно использовать для рубки стусловые тиски. При использовании параллельных тисков рубить следует по направлению к неподвижной губке. Ширина губок тисков должна быть



120...150 мм. Тиски должны быть прочными, жесткими и устойчивыми.

Перед рубкой необходимо правильно установить высоту тисков (см. рис. 1.2, б, в), а также надежно зафиксировать их.

При рубке металла зубилом решающее значение имеет положение корпуса и ног рабочего: стоять у тисков надо устойчиво вполупорот к ним, левее тисков (рис. 4.7), а левую ногу выставить на полшага вперед.

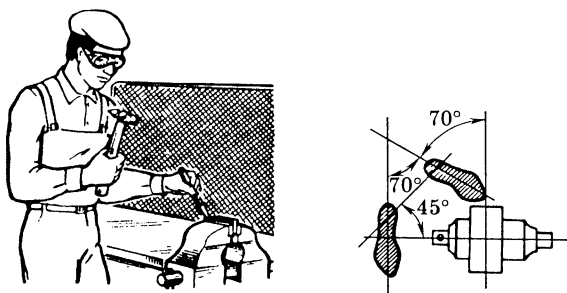


Рис. 4.7. Положение корпуса и ног при рубке зубилом

Зубило берут в левую руку за его среднюю часть на расстоянии 15...20 мм от конца ударной части. Сильно сжимать зубило не следует, так как рука должна выполнять роль балансира при последовательных установках инструмента (рис. 4.8).

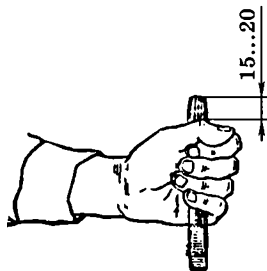


Рис. 4.8. Захват зубила

Молоток берут правой рукой за рукоятку на расстоянии 15...30 мм от конца, крепко обхватывая четырьмя пальцами и прижимая к ладони, большой палец накладывают на указательный (рис. 4.9). В таком положении производят замах и удар. При движении молотка вверх три пальца слегка разжимают, ручку удерживают только большим и указательным пальцами. При движении молотка вниз все пальцы сжимают, что обеспечивает более сильный удар.

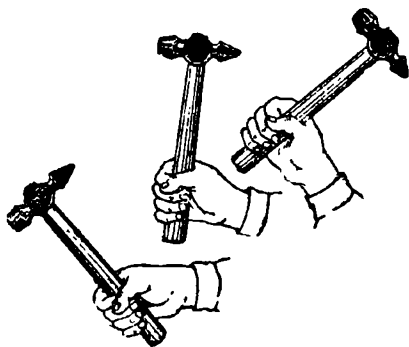


Рис. 4.9. Хватка молотка

Качество и производительность рубки зависят от вида удара молотком. Различают три вида удара: кистевой, локтевой и плечевой (рис. 4.10).

При *кистевом ударе* (рис. 4.10, а) изгибается только кисть правой руки. Таким ударом пользуются при выполнении легкой и точной работы (снятие тонких слоев металла, удаление небольших неровностей, рубка тонкой листовой стали). При *локтевом ударе* (рис. 4.10, б) рука изгибается в локте и удар получается более сильным. Этим ударом пользуются при обычной рубке, снятии слоя металла средней толщины, прорубании пазов и канавок. При *плечевом ударе* (рис. 4.10, в) рука движется в плечевом суставе, при этом получается большой замах и максимальная сила удара. Плечевой удар применяется при рубке толстого металла, удалении большого припуска за один проход, обработке больших плоскостей.



Рис. 4.10. Виды ударов при рубке:

а — кистевой; б — локтевой; в — плечевой

Частота замахов молотком в минуту должна быть 40–60 при кистевом, 30–40 замахов при локтевом и плечевом ударах.

Сила удара зависит от массы молотка (ее выбирают так, чтобы на каждый миллиметр ширины лезвия зубила приходилось 40 г массы молотка, на 1 мм лезвия крейцмейселя — 80 г), длины его рукоятки, длины руки рабочего, вида удара.

Удары должны быть меткими, т.е. приходится по вершине закругленной ударной части зубила. Во время рубки смотрят на режущую часть зубила, а не на ударную, т.е. следят за правильным положением лезвия зубила.

При рубке металла большое значение имеет правильная установка оси зубила по отношению к обрабатываемой поверхности заготовки. Угол между зубилом и продольной осью губок тисков должен составлять  $45^\circ$  (рис. 4.11, а). Угол наклона зубила к горизонтальной плоскости заготовки зависит от угла заострения зубила и колеблется от  $30^\circ$  до  $35^\circ$  (рис. 4.11, б). При меньшем угле наклона зубило скользит, а не режет, а при большем — излишне углубляется в металл и обуславливает большую неровность обработанной поверхности.

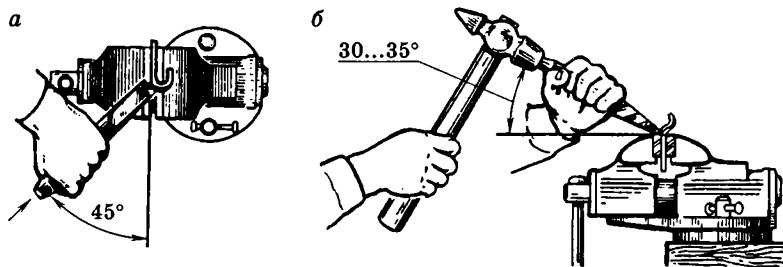


Рис. 4.11. Углы наклона зубила:

а — к продольной оси губок тисков; б — к горизонтальной плоскости заготовки

В процессе рубки металла руки должны действовать согласованно. Правой рукой надо точно ударять молотком по зубилу, левой — в промежутках между ударами перемещать зубило по металлу.

При рубке полосового и листового металла по уровню губок тисков часть заготовки, уходящая в стружку (срубаемая),

должна находиться над губками тисков, риска разметки — точно на уровне губок без перекоса, в начале рубки заготовка не должна выступать за правый торец губок. Рубку выполняют локтевым ударом (рис. 4.12, а). Если разметочные риски находятся выше уровня губок, чтобы зубило излишне не углублялось в металл, угол между осью зубила и обрабатываемой поверхностью надо периодически уменьшать (рис. 4.12, б).

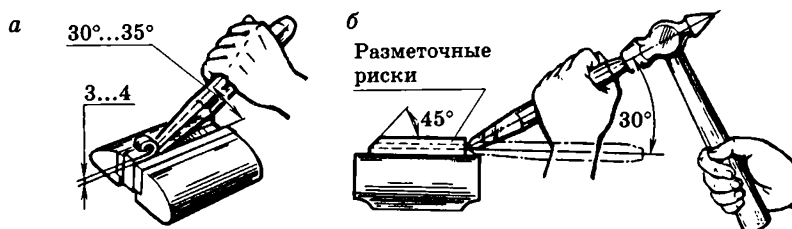


Рис. 4.12. Рубка полосового и листового металла в тисках по разметке

При значительной ширине полосового или листового металла зубило поворачивают к себе на угол  $45^\circ$  (см. рис. 4.11). При этом лезвие идет наискось и стружка завивается.

При срубании слоя металла на широкой плоской поверхности заготовка или разметочные риски должны выступать над губками тисков на 5...10 мм (см. рис. 4.3). Вначале крейцмейселем прорубают канавки шириной 8...10 мм. Ширина промежутков между канавками должна составлять 0,8 длины режущей кромки зубила, применяемого при рубке. Затем зубилом срубают образовавшиеся выступы. Толщина стружки, снимаемая крейцмейселем за один проход, равна 0,5...1,0 мм, а при срубании выступов — 1,5...2,0 мм. Чугун, бронзу и другие хрупкие материалы нельзя рубить до противоположной стороны заготовки. В данном случае рубку заканчивают с противоположной стороны.

Вырубание пазов и канавок разной формы (рис. 4.13) производят в такой последовательности: сначала на обрабатываемую поверхность заготовки наносят риски, затем крейцмейселем прорубают канавки (1,5...2,0 мм за каждый проход).

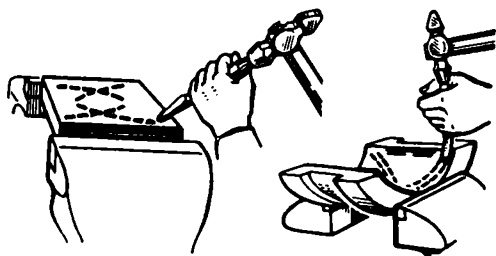


Рис. 4.13. Вырубание криволинейных пазов и канавок

Оставшиеся после рубки неровности устраняют канавочником, придавая пазам одинаковую ширину и глубину.

Прутковый материал разрубает на плите или наковальне. Размеченный по всему периметру пруток кладут на плиту, зубило устанавливают вертикально и локтевыми ударами надрубает пруток с одной стороны. Затем его переворачивают и рубят с другой стороны. Зубило при этом обхватывают всеми пальцами левой руки (рис. 4.14, а) или держат неполным обхватом (рис. 4.14, б). Когда остается тонкая перемычка, пруток кладут на плиту и легкими кистевыми или локтевыми ударами заканчивают рубку. Круглые прутки поворачивают после каждого удара.

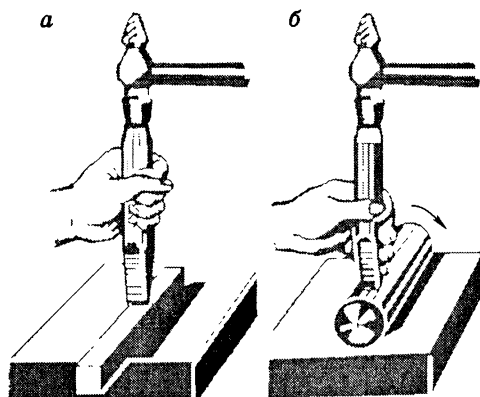


Рис. 4.14. Рубка пруткового материала:  
а — квадратного профиля; б — круглого профиля

Заготовку из листового металла вырубают в такой последовательности:

1) делают разметку заготовки (рис. 4.15);

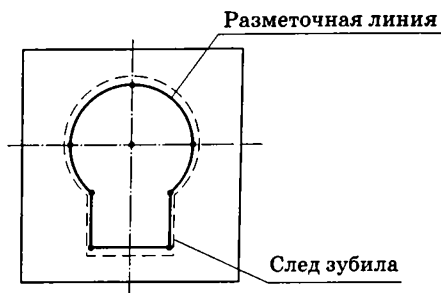


Рис. 4.15. Разметка заготовки из листового металла при рубке на плите

2) кладут листовой металл на плиту (если толщина металла до 2 мм, то под ним располагают подкладку из мягкой стали и рубят с одного удара);

3) устанавливают зубило наклонно так (не доходя до разметки 2...3 мм — это припуск на дальнейшую обработку), чтобы лезвие было направлено вдоль разметочной риски (рис. 4.16, а);

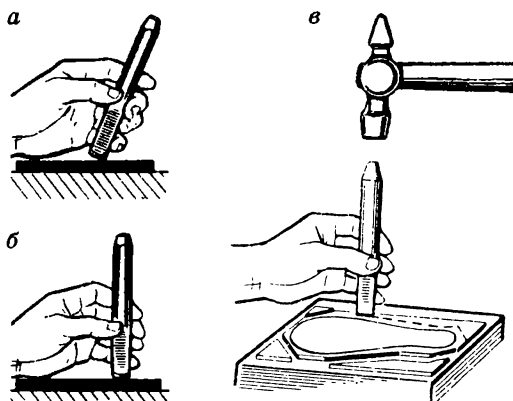


Рис. 4.16. Установка зубила при рубке листового металла:  
а — начало установки; б — конец установки;  
в — прорубание по контуру

4) придают зубилу вертикальное положение (рис. 4.16, б) и наносят молотком легкие удары, прорубая по контуру (рис. 4.16, в);

5) рубят по контуру, нанося по зубилу сильные плечевые удары. При перестановке зубила часть лезвия оставляют в прорубленной канавке, а зубило из наклонного положения вновь переводят в вертикальное и наносят следующий удар. Так поступают непрерывно до конца разметочной риски.

При толщине листового металла более 2 мм лист переворачивают и рубку продолжают с противоположной стороны листа.

По окончании рубки заготовку можно обломать либо выбить из замкнутого контура молотком.

При вырубании заготовки с криволинейными контурами необходимо пользоваться зубилом с закругленным лезвием или крейцмейселем.

При рубке цветных сплавов рекомендуется режущую часть зубила слегка смачивать мыльной водой или протирать промасленной тряпкой, а при рубке алюминия — скипидаром. Это способствует увеличению стойкости режущей части зубила.

## 4.5. Механизация процесса рубки

Ручная рубка — трудоемкая и малопроизводительная операция. Она применяется в тех случаях, когда невозможно или из-за небольшого объема работы нерационально применять механическую обработку. На промышленных предприятиях применяют пневматический и электрический рубильные молотки.

*Пневматический молоток* (рис. 4.17) работает на сжатом воздухе. Он состоит из ствола 11 с ударником 12, золотниковой коробки 10 с золотником 2 и рукоятки 9 с собранным в ней пусковым механизмом. Рукоятка навинчивается на ствол и удерживается стопором 1. Зубило вставляется в отверстие запрессованной втулки 13. Сжатый воздух из шланга по нип-

пелю 6 и штуцеру 7 поступает через фильтрующую сетку 5 в воздушный канал Б. Пуск молотка производится нажатием на курок 8. При этом золотник 3 отжимает пружину 4 и его проточка А соединяет канал Б с каналом В. Сжатый воздух поступает в распределительный механизм, и зубило получает возвратно-поступательное движение.

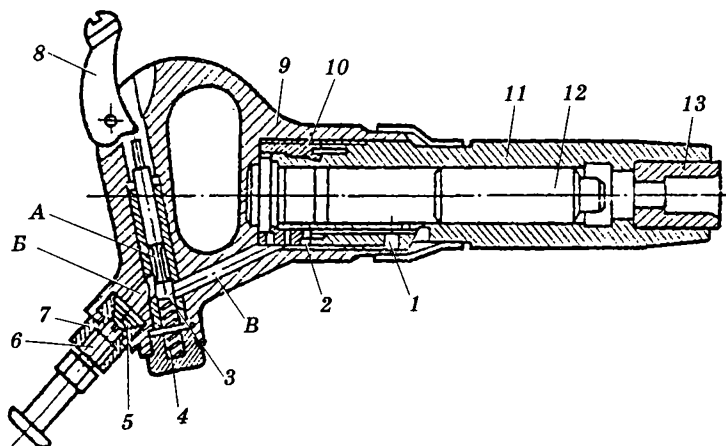


Рис. 4.17. Пневматический молоток:

1 — стопор; 2, 3 — золотники; 4 — пружина; 5 — фильтрующая сетка; 6 — ниппель; 7 — штуцер; 8 — курок; 9 — рукоятка; 10 — золотниковая коробка; 11 — ствол; 12 — ударник; 13 — втулка

При рубке пневматическим молотком пользуются специальными зубилами. Применение пневматических молотков повышает производительность труда на отдельных операциях рубки на 500...600 %.

В *электрических молотках* используется электропривод. Вращение вала электродвигателя, вмонтированного в корпус молотка, преобразуется в возвратно-поступательное движение ударника, на конце которого закрепляется зубило.

Пневматические и электрические рубильные молотки можно использовать для клепки. Вместо специального зубила в молоток устанавливают соответствующий инструмент для клепки.



## Брак при рубке. Организация рабочего

### 4.6. места и безопасность труда

В практике слесарной обработки бывают случаи, когда обработанные рубкой детали оказываются негодными из-за отклонений их размеров от заданных чертежом или в результате повреждений при рубке либо вследствие плохого качества обработанной поверхности.

Основными причинами брака являются неправильные приемы рубки, невнимательность в работе, рубка тупым инструментом.

Выполняя рубку, слесарь должен хорошо знать и соблюдать основные правила безопасности:

- режущий и ударный инструмент должен быть исправным, без трещин, забоин, заусенцев;
- рукоятки молотков должны быть гладкими, не иметь дефектов, молоток на них должен быть надежно закреплен;
- необходимо работать в защитных очках, место рубки должно быть ограждено защитной сеткой или экраном;
- заточку инструмента надо производить при опущенном защитном экране, расстояние между подручником заточного станка и шлифовальным кругом должно составлять 2...3 мм, при заточке необходимо стоять в стороне от плоскости вращения круга;
- для предохранения рук от повреждений (при работе в неудобных местах, а также в период обучения) на зубило следует надевать предохранительную резиновую шайбу (рис. 4.18);
- заготовку при рубке необходимо надежно закреплять в тисках.

При работе пневматическим молотком надо пользоваться очками из небьющегося стекла. Место рубки ограждают металлическими ширмами. Пневматический молоток включают

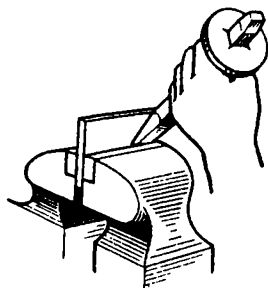


Рис. 4.18. Предохранительное приспособление при рубке

только при наличии зубила или крейцмейселя и после его установки в рабочее положение. На руки следует надевать рукавицы.

### Вопросы и задания для самоконтроля

1. Каково назначение слесарной рубки?
2. Какой инструмент и для какой цели применяется при рубке?
3. Почему у инструмента для рубки твердых материалов угол заточки больше, чем у инструмента для рубки мягких материалов?
4. Как следует располагать зубило при рубке листового материала по отношению к уровню губок тисков?
5. Почему боек молотка и ударную часть зубила изготавливают закругленной формы?
6. Каков принцип работы пневматического рубильного молотка?
7. Какие дефекты и по каким причинам могут возникнуть в процессе рубки?
8. Как рационально организовать рабочее место для выполнения рубки?
9. Какие правила безопасности следует соблюдать при ручной и механизированной рубке?
10. Укажите углы заточки зубила для рубки чугуна, стали, бронзы, латуни, цинка, алюминия.

## Суть правки и рихтовки. Оборудование и инструмент

### 5.1. для ручной правки и рихтовки

**Правка** — слесарная операция по обработке металлов давлением с целью устранения на заготовках и деталях вмятин, выпучин, волнистостей, искривлений, короблений и других дефектов. Это подготовительная операция, предшествующая дальнейшей технологической обработке заготовки.

Правка осуществляется при холодном либо горячем состоянии заготовки (при больших ее сечениях); она выполняется ручным или машинным способом.

Горячая правка производится при температуре 850...1100 °С для стальных заготовок, 350...470 °С для заготовок из дюралюминия. Нагрев выше указанных температур приводит к перегреву, а затем и к пережогу заготовок. Правке подвергают только пластичные металлы и сплавы. Бронза и чугун правке не подлежат.

**Рихтовка** — слесарная операция по правке закаленных деталей, а также деталей, изогнутых через ребро жесткости. Устранение дефектов при рихтовке происходит за счет растяжения (т.е. удлинения) той или иной части металла детали. Рихтовка обычно выполняется ударами носком молотка или специальным *рихтовальным молотком* по детали; при этом

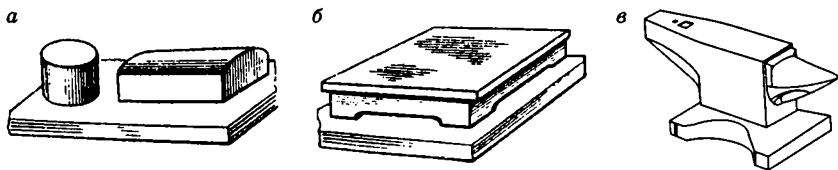


Рис. 5.1. Правильные приспособления:

а — рихтовальные бабки; б — правильная плита; в — наковальня

используют **рихтовальные бабки** (рис. 5.1, а). Рабочая часть поверхности рихтовальной бабки может быть цилиндрической или сферической формы с радиусом закругления 150...200 мм. Точность рихтовки достигает 0,05 мм.

Ручная правка выполняется на стальных или чугунных **правильных плитах** (рис. 5.1, б), имеющих ровную и чистую рабочую поверхность. Самые распространенные размеры плит — 400 × 400, 750 × 1000, 1000 × 1500 мм. Устанавливают плиты на металлические или деревянные подставки высотой 800...900 мм. Мелкие детали правят на **наковальнях** (рис. 5.1, в).

В качестве инструмента для ручной правки используют слесарный молоток с круглым полированным бойком (молоток с квадратным бойком оставляет на заготовке вмятины); молотки со вставными бойками (рис. 5.2, а) из мягких металлов — меди, свинца, а также дерева; деревянные молотки (киянки) (рис. 5.2, б); гладилки (деревянные или металлические бруски). Для правки закаленных деталей применяют рихтовальные молотки с радиусными бойками массой 400...500 г (рис. 5.2, в). На рис. 5.3 показан рихтовальный молоток, в корпус которого вмонтирован рабочий носок из твердого сплава.

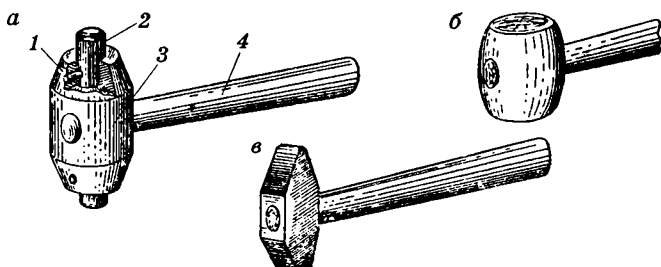


Рис. 5.2. Молотки для правки:

а — со вставными бойками из мягких металлов (1 — штифт; 2 — боек; 3 — корпус; 4 — ручка); б — деревянный молоток (киянка); в — рихтовальный с радиусными бойками

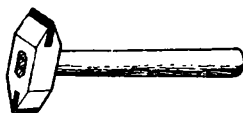


Рис. 5.3. Рихтовальный молоток со вставкой из твердого сплава

Молотки со вставными бойками из мягких металлов применяют при правке деталей с окончательно обработанной поверхностью и деталей или заготовок из цветных металлов и сплавов, а гладилки и киянки — для правки тонкого листового и полосового металла и сплавов.

## 5.2. Приемы ручной правки

Кривизну заготовок проверяют визуально (рис. 5.4) или по зазору между плитой и уложенной на нее заготовкой. Изогнутые места отмечают мелом. Для более точного контроля используют линейку и щуп.

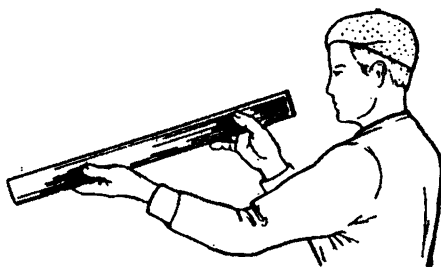
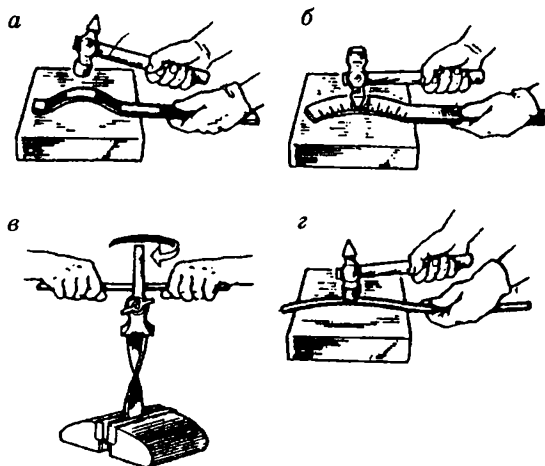


Рис. 5.4. Приемы контроля полосового и пруткового металла

Ручная правка основана на растяжении менее деформированных участков металла. Рассмотрим некоторые приемы правки различных заготовок и деталей.

Правку полосового металла производят на правильной плите или наковальне. Простейшей является правка металла, изогнутого по плоскости (рис. 5.5, а). В этом случае молотком наносят сначала сильные удары по наиболее выпуклым местам полосы, а затем по мере их распрямления уменьшают силу ударов.

Сложнее правка металла, изогнутого по ребру. Если в первом случае правка заключается в простом выравнивании полосы, то здесь прибегают к деформированию части металла растяжением, т.е. удары наносят в местах наиболее сжатых слоев полосы.



*Рис. 5.5.* Приемы правки полосового и пруткового металла:  
*а* — правка полосы, изогнутой по плоскости; *б* — правка полосы, изогнутой по ребру; *в* — правка полосы, имеющей скрученный изгиб; *г* — правка прутка

Правку полос, изогнутых по ребру (рис. 5.5, *б*), выполняют путем рихтовки. В таких случаях сильные удары наносят носком молотка с целью односторонней растяжки (удлинения) места изгиба; удары следует наносить от места растяжки на плоскости к краям полосы.

Правку полос, имеющих скрученный изгиб (рис. 5.5, *в*), рекомендуется производить путем раскручивания, для чего один конец заготовки зажимают в слесарные тиски, а на другом конце закрепляют ручные тисочки. Затем рычагом выпрямляют спиральную кривизну.

Правка прутка выполняется на плите или наковальне (рис. 5.5, *г*). Пруток укладывают размеченной поверхностью на плиту изогнутостью вверх. Удары молотком наносят по выпуклой части, регулируя силу удара с учетом диаметра прутка и величины изгиба. По мере выравнивания изгиба силу удара уменьшают. Заканчивают правку легкими ударами молотка и поворачиванием прутка вокруг его оси. Если пруток имеет несколько изгибов, то сначала правят ближайшие к концам, затем расположенные в середине.

Пруток круглого сечения можно править с применением двух призм (рис. 5.6). Удары наносят по выпуклым частям прутка. В конце правку заканчивают на плите.

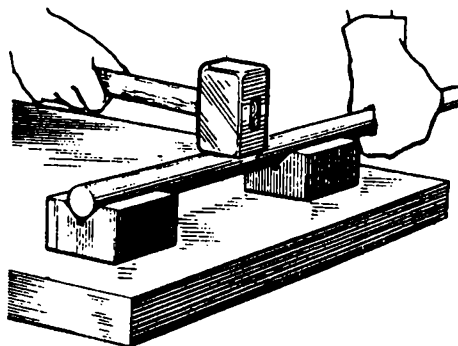


Рис. 5.6. Правка вала (прутка) на призмах

Прутки и валы можно править наклепом (рис. 5.7). Вал укладывают на плиту изогнутостью вниз, а затем небольшим молотком наносят частые и легкие удары по его поверхности. После возникновения на поверхности наклепанного слоя про свет между валом и плитой исчезает и правку прекращают.



Рис. 5.7. Правка вала наклепом

*Безударная (термическая) правка* (рис. 5.8) применяется для профильного металла: уголка, швеллера, тавра, а также пустотелых валов. Выпуклую часть металла разогревают до вишнево-красного цвета, а окружающие выпуклость слои охлаждают сырым асбестом или мокрой ветошью. Поскольку нагретый металл более пластичный, то при охлаждении струей сжатого воздуха нагретое место сжимается и металл выпрямляется.

Правка листового материала — более сложная операция. Листовой материал может иметь такие дефекты, как выпучины, волнистости.

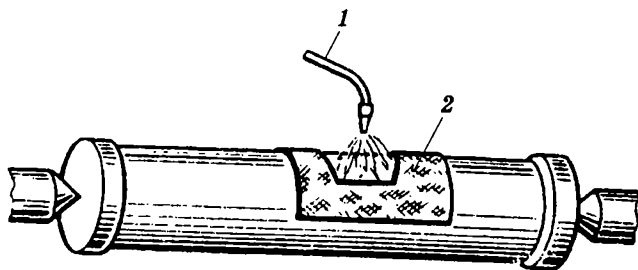


Рис. 5.8. Безударная (термическая) правка:  
1 — горелка; 2 — асбест

Выпучину предварительно обводят карандашом или мелом, затем кладут заготовку на плиту выпучиной вверх. Придерживая лист левой рукой в рукавице, правой наносят удары молотком от края листа по направлению к выпуклости (рис. 5.9, а). По мере приближения к выпучине удары наносят слабее и чаще. Во время правки заготовку поворачивают в горизонтальной плоскости так, чтобы удары равномерно распределялись по всей площади заготовки. Если на листе имеется несколько выпучин, то удары наносят в промежутки между ними. В результате этого лист растягивается и все выпуклости сводятся в одну общую, которую выправляют указанным выше способом.

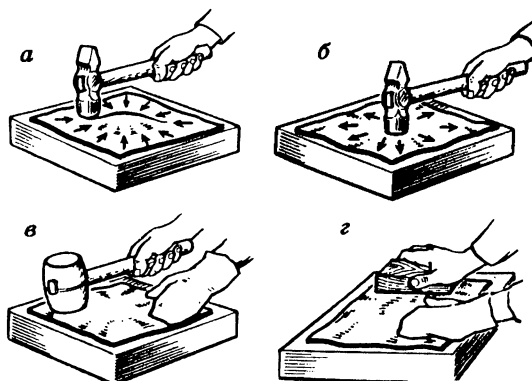


Рис. 5.9. Правка листового материала:  
а — правка выпучины; б — правка волнистости;  
в — правка киянкой; г — правка гладилкой



Если лист имеет волнистость по краям (рис. 5.9, б), но ровную середину, то удары молотком наносят от середины листа к краям. От воздействия ударов лист в середине вытягивается и волны по краям листа исчезают. После этого лист следует повернуть и продолжать правку таким же способом до получения требуемых допусков прямолинейности и плоскостности.

Правку тонких листов производят деревянными молотками — киянками (рис. 5.9, в), а очень тонкие листы проглаживают деревянным или металлическим бруском — гладилкой (рис. 5.9, г), придерживая их на плите левой рукой. При правке лист периодически переворачивают.

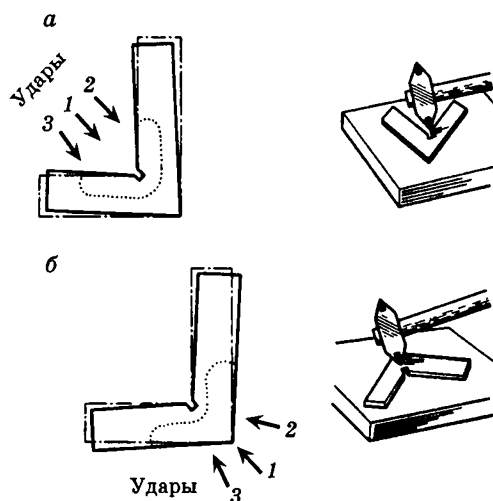


Рис. 5.10. Рихтовка закаленного угольника:  
а — угол меньше  $90^\circ$ ; б — угол больше  $90^\circ$

Многие детали после закалки меняют свою форму вследствие возникших в металле напряжений. Эти детали также подлежат правке (рихтовке). Рассмотрим рихтовку закаленного угольника (рис. 5.10). Если угол меньше  $90^\circ$ , то удары наносят рихтовальным молотком у вершины внутреннего угла (рис. 5.10, а); если угол больше  $90^\circ$ , то удары наносят у вершины наружного угла (рис. 5.10, б).

## Машинная правка металла.

### 5.3. Брак при правке и безопасность труда

Ручная правка — малопроизводительная операция. На крупных машиностроительных предприятиях применяется в основном машинная правка с помощью прессов, правильных вальцов.

**Прессы** бывают винтовые, кривошипные и гидравлические. Простейшим из них является винтовой (см. рис. 1.12). Его применяют в тех случаях, когда сила удара молотком не обеспечивает должной правки.

Наиболее производительным методом правки листового металла является правка на *ротационных правильных вальцах*. Схема работы правильных вальцов показана на рис. 5.11. Суть процесса заключается в том, что листы, подвергаемые правке, пропускают между двумя рядами вальцов, расположенных в шахматном порядке. Машина имеет парные входные направляющие вальцы, расположенные один под другим, и парные выходные направляющие вальцы. Скорость вращения входных направляющих вальцов несколько меньше, чем выходных, благодаря чему помимо правки лист подвергается и незначительному растяжению, что также способствует выравниванию заготовок. Скорость правки — до 6 м/мин при толщине металла 0,6...3,0 мм. Правку листового металла

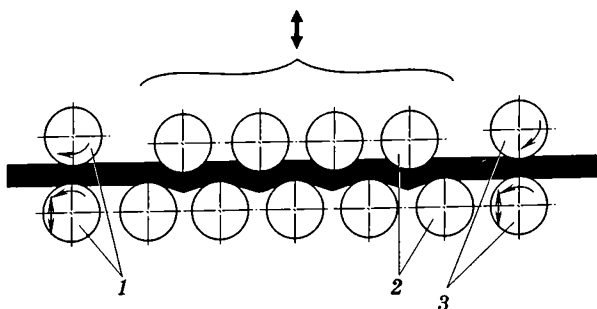


Рис. 5.11. Схема работы правильных вальцов:  
1 — выходные вальцы; 2 — правящие вальцы;  
3 — входные направляющие вальцы

производят на трех, пяти, семи и более вальцовых машинах. Расстояние между рядами вальцов можно регулировать в соответствии с толщиной листа.

Для машинной правки уголков, швеллеров и другого сортового проката используют сортоправильные вальцы, соответствующие профилю выпрямляемого металла.

*Гидравлические правильные прессы* (рис 5.12) позволяют выпрямлять металл значительной толщины. В них пуансон 2, установленный в ползуне 1 в верхней части прессы, получает движение от гидравлического привода. Выпрямляемая деталь 3 располагается на опорах (призмах) 4 стола 5 выпуклостью вверх. Правка происходит за счет давления пуансона.

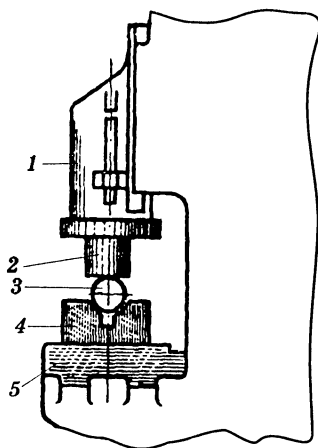


Рис. 5.12. Правка на гидравлическом прессе:  
1 — ползун; 2 — пуансон; 3 — выправляемая деталь;  
4 — призма; 5 — стол

Основные виды брака при правке металла — забоины и вмятины от молотка на обработанных поверхностях. Эти дефекты являются обычно следствием неумения правильно наносить молотком удары или применения молотка, на рабочих частях которого имеются выщерблины и забоины.

Применяемые для правки молотки всех видов должны быть надежно насажены на рукоятки, не иметь трещин на ручках

и бойках. Для предохранения рук от ударов, вибраций необходимо работать в рукавицах, заготовку на плите или накопальне удерживать прочно, а при тяжелых работах использовать кузнечные клещи или струбцины.

Выполняя машинную правку, следует строго соблюдать правила безопасности.

### **Вопросы и задания для самоконтроля**

1. Каковы суть и назначение правки?
2. Какие инструменты и приспособления применяют для правки?
3. В чем отличие правки от рихтовки?
4. Какое оборудование применяется для машинной правки?
5. Назовите приемы правки выпучины и волнистости на листовом металле.
6. Как выполняется правка круглого прутка?
7. Как правят полосовой металл?
8. Какие заготовки можно править безударным методом?
9. Как проверить качество правки?
10. Какие дефекты возникают после правки и по каким причинам?
11. Какими мерами обеспечивается безопасность работ при правке?
12. В каких случаях используется правка с подогревом заготовки?

# 6

## ГИБКА МЕТАЛЛА

---

### 6.1. Суть гибки

---

*Гибка* — слесарная операция по обработке металлов давлением, в результате которой заготовке или детали придается необходимая изогнутая форма. Это одна из наиболее распространенных слесарных операций. Она бывает ручная и машинная; выполняется при холодном либо горячем состоянии заготовки. Гибке подлежат только пластичные материалы.

Ручная слесарная гибка производится молотками (лучше применять молотки с мягкими бойками) в тисках, на плите или с помощью специальных гибочных приспособлений. Тонкий листовой металл гнут киянками, изделия из проволоки диаметром до 3 мм — плоскогубцами или круглогубцами. Механизированная гибка выполняется на гибочных прессах и вальцах.

Детали и заготовки больших сечений гнут с предварительным подогревом, в результате чего металл становится более пластичным, что облегчает процесс гибки.

Суть гибки заключается в том, что одна часть заготовки перегибается по отношению к другой на заданный угол. Происходит это следующим образом: на заготовку, свободно лежащую на двух опорах (рис. 6.1), действует  $P$ , которая вызывает в заготовке изгибающие напряжения; если эти напряжения не превышают предел упругости материала, то заготовка принимает первоначальный вид, т.е. выпрямляется. Однако при гибке необходимо добиться, чтобы после снятия нагрузки заготовка сохранила приданную ей форму, поэтому напряжения изгиба должны превышать предел упругости и деформация заготовки в этом случае будет пластической.

В процессе гибки наружные слои металла растягиваются, а внутренние испытывают напряжение сжатия. Не изменяется

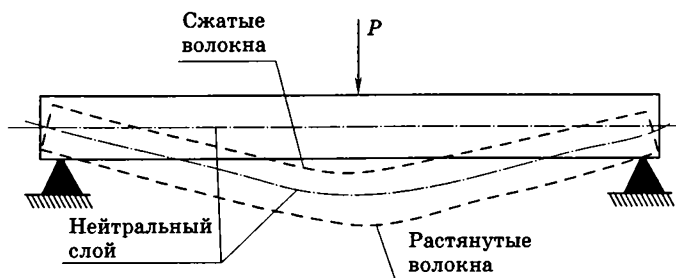


Рис. 6.1. Схема гибки

длина слоя, которая совпадает с осевой линией. Этот слой металла называют *средним* или *нейтральным*. Только он в процессе гибки не деформируется, а значит, не меняет своих размеров. Следовательно, имея чертеж детали, расчет длины заготовки перед гибкой выполняют по нейтральному слою. Для этого, пользуясь чертежом, разбивают профиль детали на прямолинейные и криволинейные участки, вычисляют длины всех участков и путем их суммирования определяют длину заготовки. Размеры прямых участков определяют непосредственно по чертежу.

Рассмотрим несколько примеров расчета длин заготовок для гибки.

**Пример 6.1.** Рассчитать длину заготовки для гибки угольника под прямым углом с минимально допустимым закруглением с внутренней стороны.

**Решение.** Разбиваем угольник на отдельные участки  $l_1$  и  $l_2$  (рис. 6.2, а). При гибке деталей под прямым углом с минимально допустимым закруглением с внутренней стороны припуск на загиб берется равным 0,5–0,7 толщины материала.

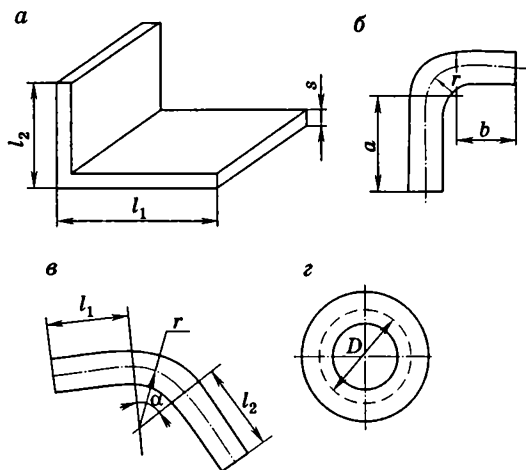
Вычисляем общую длину заготовки:

$$L = l_1 + l_2 + 0,5s,$$

где  $s$  — толщина заготовки, мм.

**Пример 6.2.** Рассчитать длину заготовки для гибки угольника с внутренним закруглением.

**Решение.** Разбиваем угольник на отдельные участки  $a$  и  $b$ , а также участок закругления (рис. 6.2, б), длина которого равна  $\pi r/2$ , где  $r$  — радиус закругления.



**Рис. 6.2.** Определение длины заготовки при гибке:  
*a* — без внутреннего закругления; *б* — с внутренним закруглением;  
*в* — на угол, отличный от  $90^\circ$ ; *г* — кольца

Вычисляем общую длину заготовки:

$$L = a + b + \pi r / 2.$$

**Пример 6.3.** Определить длину заготовки для ее гибки на угол  $\alpha \neq 90^\circ$ .

**Решение.** Согласно чертежу детали (рис 6.2, *в*) длина заготовки складывается из длин прямых участков  $l_1$  и  $l_2$ , а также длины дуги сектора, которая рассчитывается по формуле

$$l_3 = \frac{\pi r \alpha}{180^\circ}.$$

Общая длина заготовки

$$L = l_1 + l_2 + l_3 = l_1 + l_2 + \frac{\pi r \alpha}{180^\circ}.$$

**Пример 6.4.** Определить длину заготовки при гибке проволоки диаметром 6 мм в кольцо наружным диаметром 100 мм.

**Решение.** Длина заготовки подсчитывается по среднему диаметру  $D$  кольца (рис. 6.2, *г*):

$$L = \pi D; \quad L = 3,14 (100 - 6) = 3,14 \cdot 94 = 295,16 \text{ мм}.$$

В процессе гибки в металле возникают напряжения и деформации. Они особенно большие, когда радиус гибки очень мал. Чтобы не получить при этом трещин в наружных слоях, необходимо

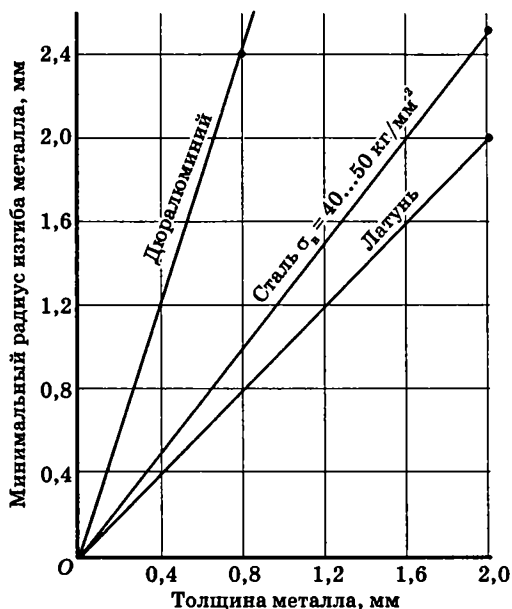


Рис. 6.3. График для определения радиуса загиба листового и полосового материала

соблюдать минимально допустимый радиус гибки. Он выбирается в зависимости от толщины металла и вида изгибаемого материала (рис. 6.3).

## 6.2. Приемы гибки деталей

Детали небольших размеров получают гибкой в тисках. При этом дополнительно используют вкладыши и оправки. Перед гибкой рассчитывают длину всей заготовки по чертежу детали, затем размечают места изгибов и выполняют гибку.

Рассмотрим гибку прямоугольной скобы, чертеж которой показан на рис. 6.4, а. Длина заготовки будет складываться из прямых участков скобы с добавлением 0,5 толщины заготовки на изгиб:

$$L = 17,5 + 0,5 \cdot 2 + 15 + 0,5 \cdot 2 + 20 + 0,5 \cdot 2 + 15 + \\ + 0,5 \cdot 2 + 17,5 = 89 \text{ мм.}$$



Сначала отрезают заготовку с дополнительным припуском на обработку торцов по 1 мм на сторону. Затем размечают места изгиба скобы. Зажимают заготовку 1 (рис. 6.4, б) в тисках между угольниками-нагубниками 2 на уровне риски и ударами молотка выполняют гибку конца 3 скобы. Переустанавливают заготовку в тисках, используя при этом угольник 4 и оправку 6 (рис. 6.4, в), и делают второй загиб. Закрепляют скобу в тисках (как показано на рис. 6.4, г) и по разметке отгибают оба конца 7 скобы. После гибки скобу опиливают, а также осуществляют контроль ее соответствия чертежу.

Аналогично выполняется гибка двойного угольника (рис. 6.5).

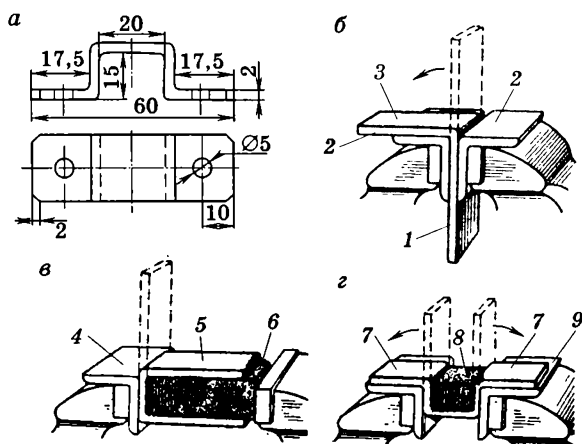


Рис. 6.4. Гибка прямоугольной скобы:

а — чертеж скобы; б-г — последовательность гибки; 1 — заготовка; 2, 4, 9 — угольники-нагубники; 3, 5, 7 — концы скобы; 6, 8 — оправки

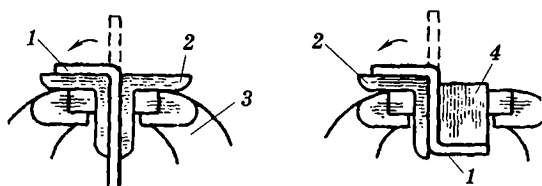


Рис. 6.5. Гибка двойного угольника:

1 — заготовка; 2 — угольник-нагубник; 3 — тиски; 4 — оправка

На рис. 6.6, *а* показан чертеж хомутика, гибка которого выполняется в такой последовательности:

- 1) расчет длины заготовки;
- 2) разметка мест изгиба (рис. 6.6, *б*);
- 3) гибка заготовки в тисках по разметочной риске (рис. 6.6, *в*);
- 4) выбор оправки диаметром 20 мм и закрепление ее в тисках (рис. 6.6, *з*);
- 5) отделка хомутика плоскогубцами на оправке (рис. 6.6, *д*);
- 6) отделка хомутика молотком на оправке в тисках (рис. 6.6, *е*);

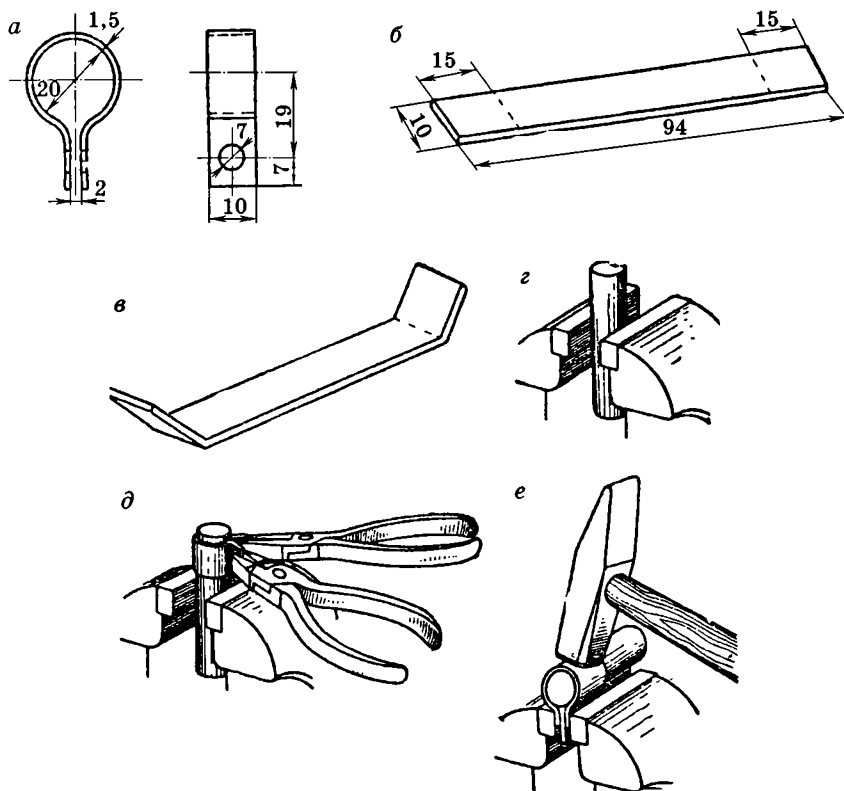


Рис. 6.6. Гибка хомутика:

*а* — чертеж хомутика; *б* — разметка мест изгиба; *в* — гибка по разметочной риске; *з* — закрепление цилиндрической оправки в тисках; *д* — отделка хомутика плоскогубцами на оправке; *е* — отделка хомутика молотком на оправке в тисках

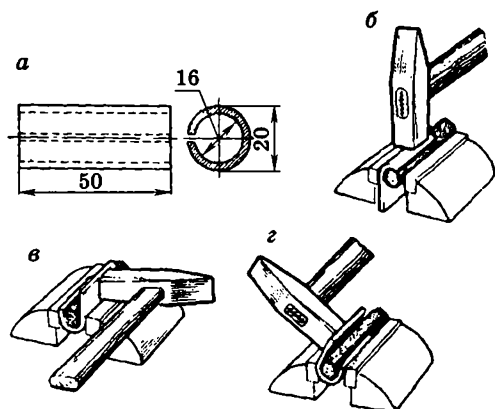


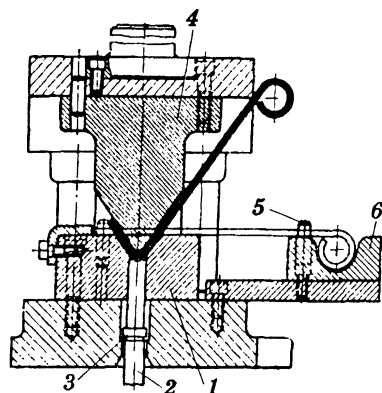
Рис. 6.7. Гибка втулки:  
а — чертеж; б–г — последовательность гибки

Рассмотрим гибку втулки, чертеж которой приведен на рис. 6.7, а. Длина заготовки  $L = \pi D = 3,14 \cdot 18 = 56,5$  мм. Заготовку с оправкой диаметром 16 мм зажимают в тиски так, чтобы изгибаемая часть была выше уровня губок тисков, и наносят по выступающей части удары молотком, загибая конец полосы на оправке так, чтобы полоса плотно прилегала к ее поверхности (рис. 6.7, б). Заготовку с оправкой переставляют обратной стороной (рис. 6.7, в) и ударами молотка загибают второй конец заготовки (рис. 6.7, г).

### 6.3. Машинная гибка

Ручная гибка применяется в единичном производстве. В массовом производстве используют гибочные штампы и гибочные машины (станы).

**Гибочный штамп** показан на рис. 6.8. Чтобы избежать смещения заготовки при гибке, ее устанавливают по имеющимся в ней отверстиям в фиксатор 5 на матрицу 1 по двум упорам 6. При опускании верхней части штампа в нижнее положение пуансон 4 давит на заготовку, и она принимает необходимую форму. С помощью выталкивателей 2, 3 заготовку извлекают из матрицы штампа.

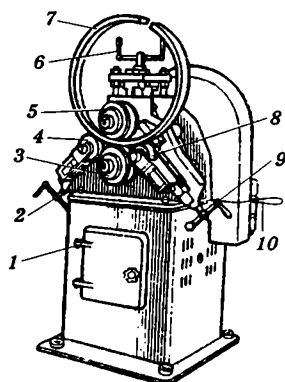


*Рис. 6.8. Гибочный штамп:*

1 — матрица; 2, 3 — выталкиватели; 4 — пуансон;  
5 — фиксатор; 6 — упор

Профили (полосовой, сортовой металл) с разными радиусами кривизны гнут на трех- и четырехроликовых станах.

**Четырехроликовый гибочный стан** (рис. 6.9) состоит из станины 1, двух ведущих роликов 3 и 5, подающих заготовку 7, и двух нажимных роликов 4 и 8, изгибающих заготовку. Нужный радиус гибки устанавливается с помощью рукояток 2 и 9.



*Рис. 6.9. Четырехроликовый гибочный стан:*

1 — станина; 2, 6, 9 — рукоятки; 3, 5 — ведущие ролики; 4, 8 — нажимные ролики; 7 — заготовка; 10 — рукоятка включения

Стан налаживают в следующем порядке: вращая рукоятку 6 против хода часовой стрелки, поднимают ведущий верхний ролик 5 относительно ведущего нижнего ролика 3 на величину, несколько большую толщины профиля заготовки. После этого, вращая рукоятку 6 по ходу часовой стрелки, опускают ведущий ролик 5 и прижимают обрабатываемый профиль к ведущему нижнему ролику 3. Затем включают станок с помощью рукоятки 10 и производят гибку.

## 6.4. Гибка и развальцовка труб

Трубы гнут ручным или машинным способом, в холодном и горячем состоянии, с наполнителем и без наполнителя. Способ гибки зависит от диаметра и материала трубы и величины угла загиба.

Стальные трубы диаметром до 10 мм гнут без наполнителя в холодном состоянии в гибочных приспособлениях. Стальные трубы диаметром от 10 до 30 мм гнут также в холодном состоянии, но с наполнителем. Чтобы при гибке на трубе не образовались складки, в нее засыпают мелкий сухой речной песок. Для этого один конец трубы заглушают деревянной пробкой, засыпают песок, слегка постукивая по трубе снизу вверх, уплотняют его и ставят вторую пробку. Стальные трубы диаметром более 30 мм гнут в горячем состоянии с наполнителем. В пробках, которыми заглушена труба, делают отверстия для выхода воздуха и газов при ее нагреве (рис. 6.10, а), иначе трубу может разорвать при гибке. Место изгиба намечают мелом.

Длину изгиба трубы определяют по формуле

$$L = \alpha d / 15,$$

где  $\alpha$  — угол загиба трубы;  $d$  — наружный диаметр трубы, мм; 15 — постоянный коэффициент.

Нагреваемый участок трубы равен приблизительно шести ее диаметрам. Трубу разогревают сварочной горелкой, паяльной лампой до температуры 850...1100 °С и гнут в гибочном приспособлении (рис. 6.10, б). Гибку выполняют в рукавицах.

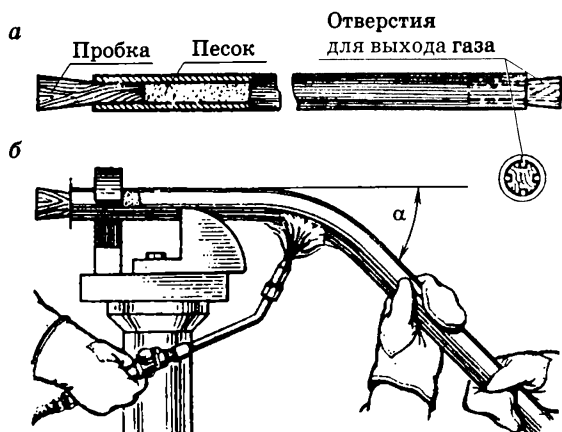


Рис. 6.10. Гибка стальной трубы в горячем состоянии:  
а — подготовка трубы перед гибкой; б — прием гибки

Перед гибкой стальные трубы отжигают при температуре 950...1100 °С. После гибки извлекают пробки и высыплют из трубы песок. Угол загиба контролируют с помощью шаблона.

Трубы из цветных сплавов (медные, латунные, дюралюминиевые) перед гибкой также отжигают при температуре 600...700 °С и гнут в холодном состоянии с наполнителем из легкоплавких материалов (канифоль, свинец). Канифоль после гибки выплавляют, начиная с концов трубы. Подогрев трубы с середины для расплавления канифоли может разорвать ее и травмировать рабочего.

Изогнутые трубы не должны иметь вмятин, выпучин и складок. Трубы необходимо гнуть плавно и без рывков, а в случае появления складок их устраняют молотком.

Слесарная гибка труб выполняется с помощью гибочных приспособлений. На рис. 6.11, а показано простейшее приспособление, состоящее из плиты и штырей. Штыри служат в качестве упоров, необходимых при гибке. Это приспособление может быть использовано при гибке труб различных диаметров. Само приспособление закрепляется в тисках.

На рис. 6.11, б показана конструкция еще одного приспособления для гибки труб. Оно крепится к верстаку с помощью ступицы и плиты 1. На одной оси ступицы и плиты находится

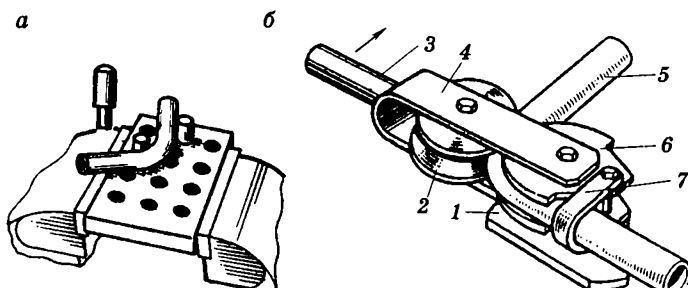


Рис. 6.11. Гибка трубы в холодном состоянии  
в гибочном приспособлении:

- a, б* — гибочные приспособления; 1 — плита;  
2 — подвижный ролик; 3 — рукоятка; 4 — скоба;  
5 — труба; 6 — ролик-шаблон; 7 — хомутик

неподвижный ролик-шаблон 6 с хомутиком 7. Подвижный ролик 2 закреплен в скобе 4 с рукояткой 3. Трубу 5 вставляют между роликами так, чтобы ее конец вошел в хомутик 7. Затем рукояткой поворачивают скобу с подвижным роликом вокруг неподвижного ролика-шаблона до тех пор, пока труба не изогнется на требуемый угол.

При гибке шовных труб шов располагают в нейтральном слое, так как при другом положении он может разойтись.

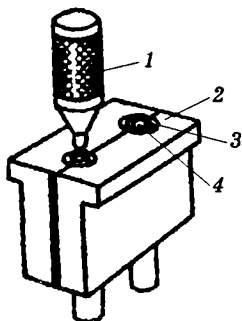


Рис. 6.12. Развальцовка  
трубы в тисках:

- 1 — оправка; 2 — вальцовка;  
3 — калиная втулка;  
4 — конец трубы

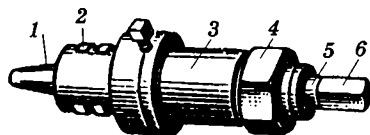


Рис. 6.13. Специальная  
вальцовка:

- 1 — конус; 2 — ролики;  
3 — корпус; 4 — гайка;  
5 — стержень; 6 — головка

Развальцовка труб заключается в увеличении диаметра конца трубы или придании ему конической формы. Она применяется при подготовке труб к образованию разъемных и неразъемных соединений. Трубы диаметром до 18 мм развальцовывают в оправках ударным способом (рис. 6.12).

Трубы большего диаметра развальцовывают специальными вальцовками (рис. 6.13). Рабочими элементами здесь являются вращающиеся ролики 2.

## **6.5. Безопасность труда при гибке металла**

При гибке металла надо работать молотком, хорошо насаженным на рукоятку. Молотки, а также гибочные приспособления должны быть исправными.

При работе на гибочных станах запрещается гнуть металл, толщина которого больше, чем указано в паспорте стана. Перед работой необходимо правильно организовать рабочее место, ознакомиться с инструкцией по безопасности, проверить состояние заземления, ограждений, пусковых и выключающих устройств, правильность установки и регулировки рабочих роликов.

В целях обеспечения безопасности заготовки надежно закрепляют в тисках или других приспособлениях. Работают в рукавицах и застегнутых халатах.

При использовании открытого пламени для подогрева заготовки необходимо соблюдать правила пожарной безопасности и оберегать руки от ожогов.

### **Вопросы и задания для самоконтроля**

1. Каково назначение гибки?
2. По какому слою выполняется расчет длины заготовки при гибке и почему?
3. Какие приспособления и инструмент применяют при гибке?
4. Как можно повысить производительность гибочных работ?
5. Какова роль наполнителей при гибке труб?



6. В каком случае трубы гнут без наполнителей?
7. Какой способ гибки следует применять для гибки: а) стальной трубы диаметром 15 мм; б) латунной трубы диаметром 8 мм; в) стальных труб диаметром 20 и 40 мм?
8. Определите длину заготовки для гибки детали, показанной на рис. 6.14, где  $a = 20$  мм,  $b = 30$  мм,  $c = 15$  мм,  $s = 4$  мм.
9. Какие дефекты могут возникнуть при гибке труб и в чем их причина?
10. Какие правила безопасности необходимо соблюдать при гибке металла?

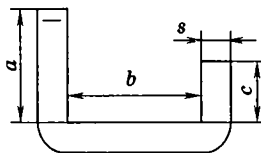


Рис. 6.14. Чертеж скобы

## Суть и назначение резки.

### 7.1. Резка ручной ножовкой

**Резка (разрезание)** — операция по отделению частей от сортового либо листового металла. Резка отличается от рубки тем, что ударные усилия заменяются нагрузками. Она выполняется двумя способами: со снятием стружки и без снятия. Для *резки со снятием стружки* используются: ручная ножовка, отрезные ножовочные станки, пилы по металлу, металлорежущие станки (токарные, фрезерные, шлифовальные), автогенная газовая резка, анодно-механическая резка и т.д. *Резка без снятия стружки* производится ручными, рычажными и механическими ножницами, кусачками, труборезами, пресс-ножницами, параллельными (гильотинными) ножницами, штампами и т.д. Резка бывает ручная и машинная.

Ручную ножовку применяют для разрезания листов, полового, круглого и профильного металла, прорезания пазов, обрезки и вырезки заготовок по контуру и т.д.

**Ручная слесарная ножовка** (рис. 7.1) состоит из станка (рамки) 5, рукоятки 6 и ножовочного полотна 3. Полотно вставляют концами в прорезы подвижной 2 и неподвижной 4 головок, после чего закрепляют штифтами и натягивают винтом с барашковой гайкой 1. Ножовочные рамки изготавливают цельными (рис. 7.1, а) и раздвижными (рис. 7.1, б). Первые служат для закрепления ножовочных полотен одной определенной длины, вторые позволяют закреплять ножовочные полотна разной длины.

**Ножовочное полотно** представляет собой узкую стальную закаленную пластину с зубьями на одном или двух ребрах и двумя отверстиями по краям (рис. 7.2, а). Длина ручного ножовочного полотна равна расстоянию между центрами двух ее отверстий. Согласно ГОСТ 6645–86 можно выделить следующие

основные размеры ножовочного полотна: длина  $l$ , ширина  $h$ , высота  $b$ , шаг  $P$  зубьев. Наиболее часто применяют ножовочные полотна для ручных ножовок длиной  $l$ , равной 250 или 300 мм, высотой  $b$ , равной 13 или 16 мм, шириной  $h$ , равной 0,65 и 0,8 мм соответственно.

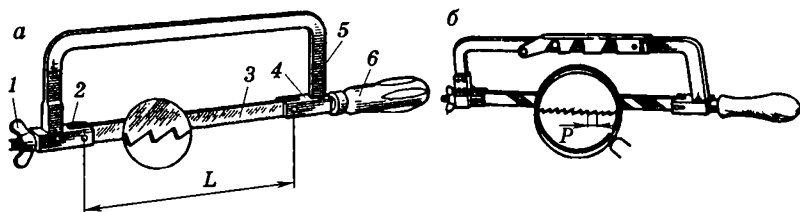


Рис. 7.1. Ручные слесарные ножовки:

- $a$  — цельная (1 — барашковая гайка; 2 — подвижная головка; 3 — ножовочное полотно; 4 — неподвижная головка; 5 — рамка; 6 — рукоятка);  $b$  — раздвижная

Каждый зуб ножовочного полотна имеет форму клина (рис. 7.2,  $b$ ) и следующую геометрию: задний угол  $\alpha$ , угол заострения  $\beta$ , передний угол  $\gamma$ , угол резания  $\delta$ . Для геометрии ножовочного полотна выполняются равенства:

$$\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ; \quad \alpha + \beta = \delta.$$

При резке стружка, имеющая вид запятой, размещается между двумя соседними зубьями до тех пор, пока острие зуба не выйдет из пропила. Величина стружечного пространства зависит от величины заднего угла  $\alpha$ , переднего угла  $\gamma$  и шага  $P$ . Для резки металлов различной твердости принимают следующие величины углов:  $\gamma = 0 \dots 12^\circ$ ,  $\alpha = 35 \dots 40^\circ$ ,  $\beta = 43 \dots 60^\circ$ . Для разрезания более твердых материалов применяются полотна, у которых угол заострения  $\beta$  больше, для разрезания мягких материалов — меньше.

Шаг  $P$  зубьев ножовочного полотна — расстояние между двумя смежными зубьями (рис. 7.2,  $b$ ). Выбор ножовочного полотна с соответствующим шагом зависит от свойств разрезаемого металла. Для разрезания чугуна, мягкой стали используется полотно с шагом 1,2...1,5 мм, профильного стального

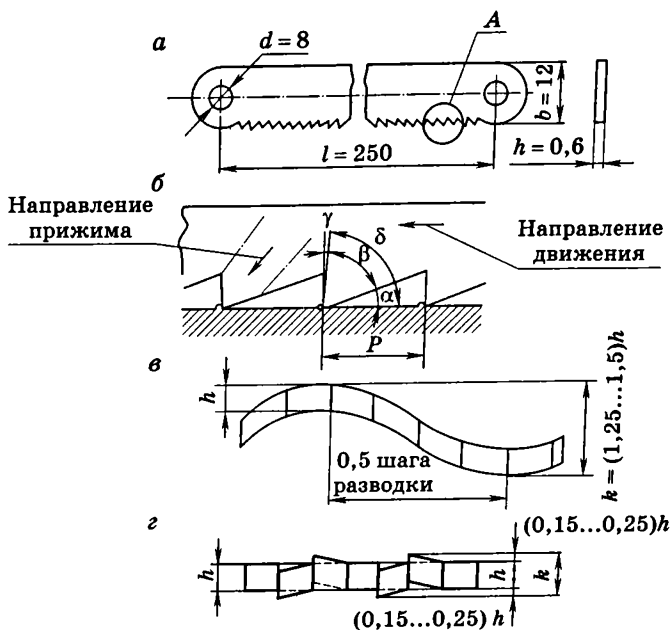


Рис. 7.2. Ножовочное полотно:

*а* — устройство полотна; *б* — геометрия зуба полотна; *в* — разводка по полотну; *г* — разводка по зубу; *k* — ширина реза

проката и труб, цветных металлов — 1,25, тонкостенных труб, тонкого профильного проката, мягких и вязких металлов и сплавов (латунь, медь) — 1,0, для листовой стали — с шагом 0,8 мм.

Чтобы избежать заедания ножовочного полотна в металле, зубья разводят. Существуют два способа разводки: 1) *по полотну* (волнистая разводка) (рис. 7.2, *в*), когда полотно изгибается так, чтобы образовать волны с шагом  $8P$ ; 2) *по зубу* (рис. 7.2, *г*) — разводятся в разные стороны только зубья и не затрагивается полотно. Разводка по полотну применяется для полотен с шагом до 0,8 мм, разводка по зубу — для полотен с шагом более 0,8 мм.

Полотна изготавливают из стали марок У10А, Р9, Х6ВФ твердостью HRC 61...64.

Прежде чем преступить к резке металла, необходимо выбрать ножовочное полотно с учетом твердости, формы и размеров

разрезаемого металла. Полотно ножовки надо устанавливать в прорези головок ножовочного станка так, чтобы зубья были направлены острием от ручки (см. рис. 7.1, а). При этом первым вставляют в неподвижную головку конец полотна до совпадения отверстий и фиксируют положение установкой в них штифта. Затем в прорезь подвижной головки вставляют второй конец полотна и закрепляют его вторым штифтом. Натягивают полотно вращением барашковой гайки (рис. 7.3, а). Следует иметь в виду, что туго натянутое полотно при незначительном перекосе может разорваться, а слабо натянутое изгибается в процессе резки и ломается.

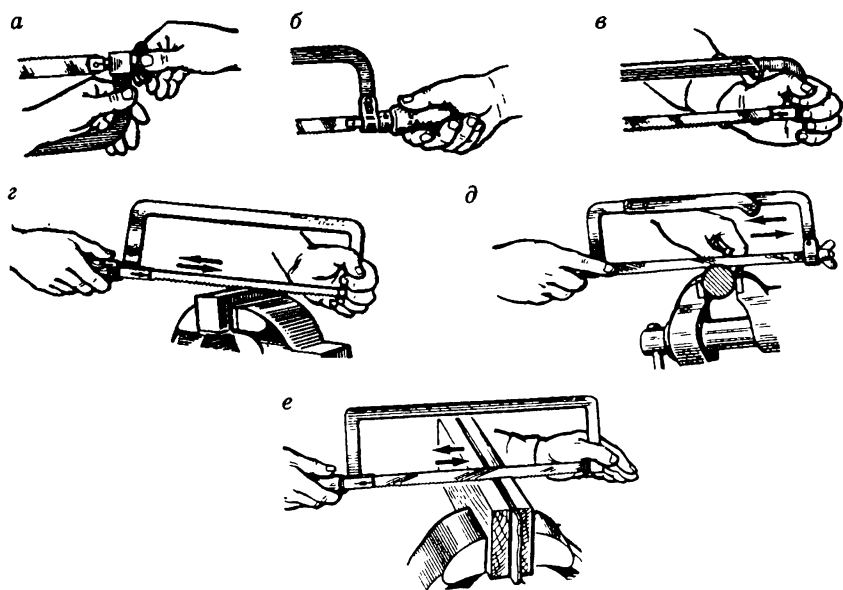


Рис. 7.3. Приемы работы слесарной ножовкой:

а — натяжение ножовочного полотна; б — положение правой руки; в — положение левой руки; г — врезание в прокат прямоугольного сечения; д — врезание в круглый пруток; е — разрезание тонкого листа

Затем заготовку размечают и надежно закрепляют в тисках. Высота тисков должна соответствовать росту рабочего (рис. 7.4, а). Стоять при резке надо вполуоборот к тискам, т.е.

под углом  $45^\circ$  к продольной оси тисков (рис. 7.4, б). Расстояние между тисками и корпусом работающего должно быть 200...300 мм. Стоять перед тисками надо прямо, свободно и устойчиво. Левую ногу выставляют вперед и опирают на нее корпус. Ступни ног ставят так, чтобы они образовывали угол 60...70°. Поза рабочего считается правильной, если между плечевой и локтевой частями согнутой в локте правой руки с ножовкой, установленной на губки тисков, образуется прямой угол (рис. 7.4, а).

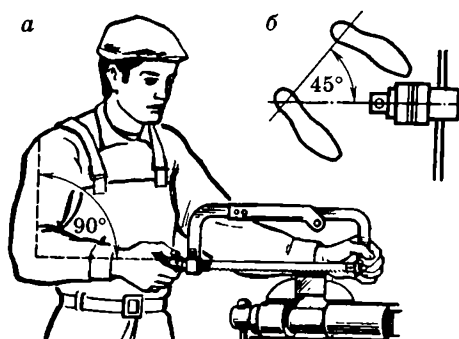


Рис. 7.4. Положение при работе ножовкой:  
а — корпуса и ножовки; б — ног (ступней)

Рукоятку ножовки обхватывают четырьмя пальцами правой руки, при этом конец рукоятки должен упираться в середину ладони, а большой палец накладывают вдоль ручки (см. рис. 7.3, б). левой рукой берут рамку ножовки так, чтобы большой палец находился внутри рамки, а остальные обхватывали натяжной винт подвижной головки (см. рис. 7.3, в). Для облегчения врезания ножовку наклоняют к заднему ребру заготовки (см. рис. 7.3, г) либо ставят у места реза металлический упор и упирают в него полотно ножовки (см. рис. 7.3, д). В некоторых случаях в месте будущего реза трехгранным напильником делают неглубокий пропил для лучшего направления ножовки. При резке надо координировать усилия правой и левой рук. Движение ножовки должно быть строго горизонтальным. Нажимают на ножовку обеими руками, но наибольшее

усилие делают левой рукой, а правой осуществляют возвратно-поступательные движения ножовки.

Процесс резки состоит из двух ходов: рабочего, когда ножовка перемещается вперед от работающего, и холостого, когда ножовка перемещается назад по направлению к работающему. При холостом ходе на ножовку не нажимают, а тянут ее на себя. При рабочем ходе нажимают на ножовку обеими руками, обеспечивая усилие резания.

При работе ножовкой необходимо соблюдать следующие правила:

- в работе должно участвовать все полотно;
- работать ножовкой следует не спеша, без рывков, плавно;
- ритм работы ножовкой — 30...40 двойных ходов в минуту при резке твердой стали, 40...50 при резке стали средней твердости и 50...60 двойных ходов в минуту для резки мягкой стали и цветных сплавов;
- короткие заготовки режут по наиболее широкой стороне;
- перед окончанием распила нажим на ножовку ослабляют, поскольку при сильном нажиме ножовочное полотно может сломаться и нанести рабочему травму;
- полотно надо периодически смазывать минеральным маслом или графитной смазкой;
- новым полотном следует резать более мягкие стали и сплавы, притупившимся — более твердые;
- нажим на ножовку зависит от твердости металла и размера разрезаемой детали (твердые металлы требуют более сильного нажима, чем мягкие, узкие детали — меньшего нажима);
- заготовка должна надежно закрепляться в тисках;
- если полотно «увело» в сторону от разметочной риски, надо повернуть заготовку и начать резку в новом месте.

Слесарной ножовкой разрезают заготовки разных профиля и сечений. При этом надо учитывать некоторые особенности разрезания этих заготовок.

1. Полосовой материал разрезают по узкой плоскости, если его толщина обеспечивает одновременную работу не менее трех зубьев. Поэтому тонкий полосовой материал режут следующими способами: а) по широкой грани; б) по узкой грани,

зажав заготовку между двумя деревянными брусками (см. рис. 7.3, *е*); *в*) по узкой грани, собрав несколько одинаковых заготовок вместе (пакет). Данные способы резки узких заготовок исключают выкрашивание зубьев полотна.

2. Круглые, квадратные, шестигранные прутки режут при горизонтальном положении ножовки, но так, чтобы полотно не встречало при движении острых углов. Такие прутки обычно надрезают с двух или четырех сторон.

3. При резке достаточно широких поверхностей необходимо наклонять ножовку попеременно к заднему и переднему ребрам заготовки. При этом разрезание идет не по всей ширине среза и работа облегчается.

4. При длинных или глубоких резах, когда не удастся довести рез до конца из-за того, что рамка ножовки упирается в торец заготовки и мешает дальнейшей резке (рис. 7.5, *а*), необходимо повернуть полотно в рамке на  $90^\circ$  (рис. 7.5, *б*).

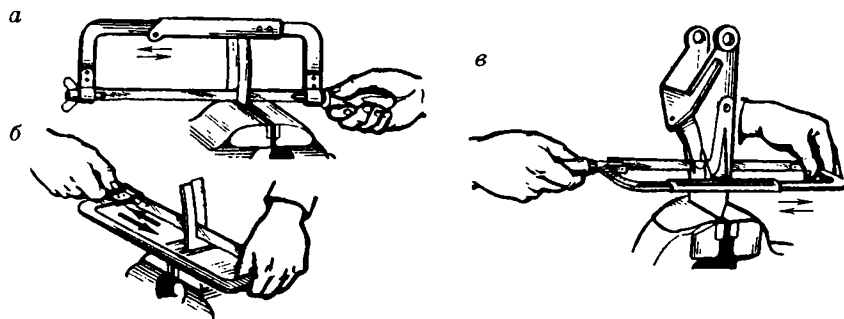


Рис. 7.5. Резка ножовкой при глубоких прорезях:

*а* — рамка упирается в заготовку; *б* — резка с поворотом полотна на  $90^\circ$ ;  
*в* — работа в замкнутом контуре

5. При резке заготовок с замкнутым прямолинейным контуром (рис. 7.5, *в*) резку также выполняют с поворотом полотна на  $90^\circ$ . Перед резкой в заготовке в местах пересечения будущих резов сверлят отверстия диаметром, равным ширине полотна, и, пропустив полотно через отверстия, закрепляют его в рамке и режут по разметке.



6. При резке заготовок с криволинейным контуром используют пилы лобзика (рис. 7.6, а).

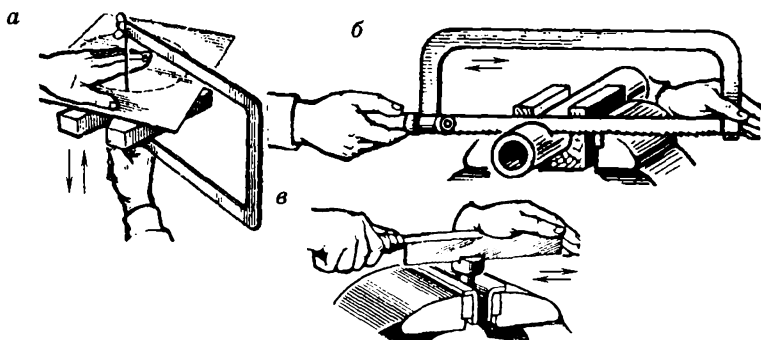


Рис. 7.6. Приемы резки:  
а — пилой лобзика; б — резка трубы ножовкой;  
в — прорезание шлицев

7. Резку трубы выполняют по разметке, зажав ее в параллельных тисках. Тонкостенные и чисто обработанные по наружной поверхности трубы режут, зажав их в тисках между двумя деревянными брусками (рис. 7.6, б). При резке следует периодически поворачивать трубу. Резать надо при весьма легком нажиме и при этом не отклонять ножовочное полотно в сторону от разметочной риски. Если ножовку «уводит» в сторону от разметочной риски, то трубу надо повернуть и начать рез в новом месте.

8. Прежде чем приступить к разрезанию металла фасонного сечения, например углового профиля, необходимо с помощью угольника и чертилки нанести разметочные риски в местах реза на обеих полках (при разрезании швеллера риску следует нанести и на его стенку). После этого разрезаемый металл зажимают в тисках так, чтобы были видны риски обеих полок, и трехгранным напильником делают небольшой пропил по риске со стороны угла основания профиля. Установив ножовочное полотно в пропил, начинают резать профиль, держа ножовку в наклонном положении, а затем выравнивают ее и режут в горизонтальном положении. При резке ножовкой заготовок разного профиля необходимо все время следить за ее направлением, не давая отклоняться от разметочной риски.

9. Ножовку можно использовать для получения прорезей в головках винтов (рис. 7.6, е). Широкие прорезы (шлицы) выполняют двумя полотнами, сложенными вместе.

## 7.2. Резка ручными ножницами

Ручными ножницами разрезают тонкий листовой материал: сталь толщиной 0,5...0,7 мм, кровельное железо, цветные металлы толщиной до 1,5 мм. Ножницы имеют два коротких лезвия (ножа) и две длинные ручки. Обе части ножниц соединены шарниром. Длина ножниц колеблется от 200 до 400 мм.

Разрезание листового и полосового металла ножницами осуществляется без снятия стружки методом пластической деформации. Суть этого процесса заключается в отделении части металла под давлением пары режущих ножей по линии их направления (рис. 7.7). Оба ножа, вдавливаясь, производят смятие поверхности металла, а затем разделяют его. Для получения чистого среза необходимо правильно выбрать зазор между верхним и нижним ножами. При малом зазоре поверхность среза будет шероховатой, «рваной». При большом зазоре поверхность среза будет иметь большие заусенцы. Величина зазора между ножами зависит от толщины разрезаемого металла. У ручных ножниц этот зазор обычно не превышает 0,1...0,8 мм.

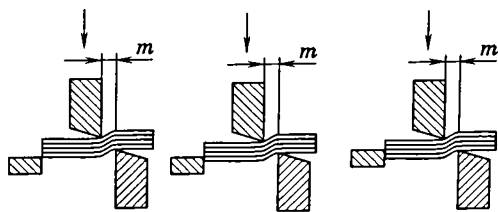


Рис. 7.7. Процесс разрезания ножницами

В сечении режущая часть ножниц имеет форму клина с углом заострения  $\beta = 70^\circ$  (рис. 7.8). Большой угол заострения берется для того, чтобы при резке лезвия не выкрашивались. Для уменьшения трения задний угол  $\alpha$  принимают равным 1...2°.

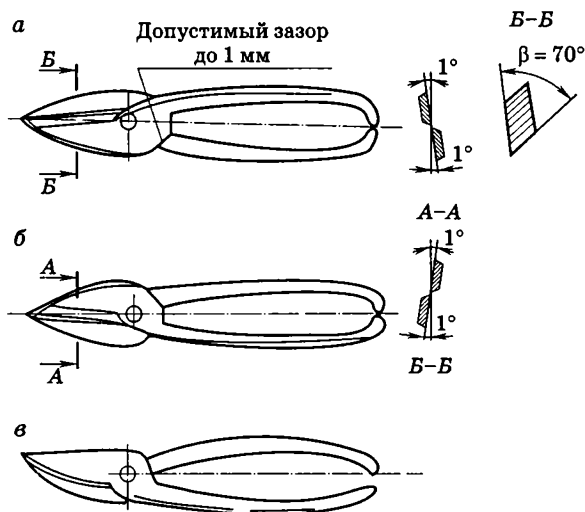


Рис. 7.8. Ручные ножницы:

*а* — правые; *б* — левые; *в* — с криволинейным режущим лезвием

Из равенства  $\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ$  следует, что величина переднего угла  $\gamma$  колеблется от  $18$  до  $19^\circ$ . Лезвия ножниц должны быть прямолинейными, острозаточенными.

Ручные ножницы изготавливают с прямыми (рис. 7.8, *а*, *б*) и криволинейными (рис. 7.8, *в*) режущими лезвиями.

По расположению режущей кромки лезвия ручные ножницы бывают правые и левые. **Правыми** называют ножницы, у которых во время резки скос на нижнем лезвии находится с правой стороны, **левыми** — ножницы, у которых скос находится слева. Правыми ножницами режут по левой кромке изделия в направлении движения часовой стрелки (рис. 7.9, *а*), а левыми ножницами — по правой кромке изделия против хода часовой стрелки (рис. 7.9, *б*). В основном применяют правые ножницы, так как при резке все время видна разметочная риска.

При резке ножницы держат в правой руке (рис. 7.10). Большой палец располагают на верхней рукоятке, тремя пальцами обхватывают нижнюю рукоятку, а указательный палец или мизинец помещают между рукоятками (для раздвигания их).

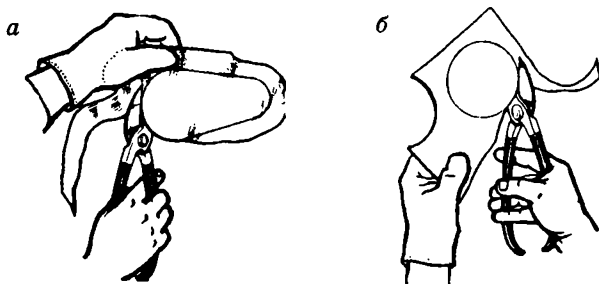


Рис. 7.9. Приемы резки ножницами:  
а — правыми; б — левыми

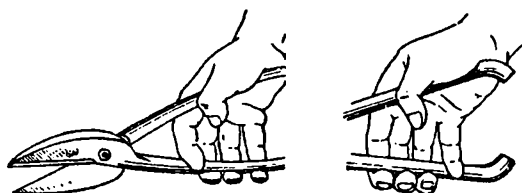


Рис. 7.10. Приемы держания ножниц

Наименьшее усилие при резке будет тогда, когда материал глубже вдвигается в зев лезвия ножниц. Однако при большом раскрытии лезвий горизонтальная составляющая усилия резания (рис. 7.11) увеличивается настолько, что ножницы не режут, а выталкивают металл. При величине угла раскрытия примерно  $30^\circ$  силы трения и усилие левой руки рабочего способны противодействовать выталкивающему усилию. Этот угол следует считать наиболее благоприятным для резки металлов ручными ножницами. Ножницы устанавливают перпендикулярно к разрезаемой поверхности (иначе они будут мять металл) и перемещают по разметочной линии, плотно прижимая к прорези. Чтобы отрезаемая полоса металла не мешала, ее отгибают. Ножницами режут только пластичные металлы и сплавы. Листовой металл толщиной до 2 мм можно разрезать ручными ножницами, как показано на рис. 7.12. Ножницы нижней ручкой закрепляют в слесарные тиски, левой рукой подают заготовку в разъем лезвий, а правой рукой создают

усилие резания и разжим ножниц. Не разрешается наносить удары молотком по верхней ручке, так как это может вызвать поломку ножниц.

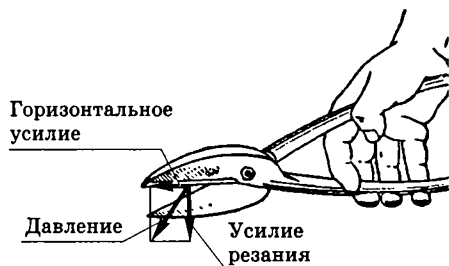


Рис. 7.11. Схема усилий при резке ножницами

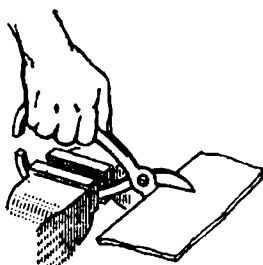


Рис. 7.12. Резка ножницами в слесарных тисках

Для резки листовой стали толщиной до 2,5 мм применяют **силовые ножницы** (рис. 7.13). При работе рукоятку 8 (с насечкой) закрепляют в тисках, а рукоятку 1 (рабочую с пластмассовым наконечником) захватывают правой рукой. Рабочая рукоятка 1 представляет собой систему двух последовательно соединенных рычагов. Первый рычаг 3 заканчивается ножом 5 и соединен витом 6 через шайбу 4 с рукояткой 8. Эта система рычагов увеличивает силу резания примерно в два раза по сравнению с обычными ножницами таких же габаритов. Ножи ножниц сменные и прикреплены к рычагам потайными заклепками. Эти ножницы имеют специальное приспособление для резки прутков диаметром до 8 мм.

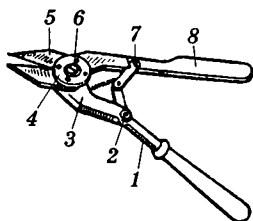


Рис. 7.13. Силловые ножницы:

1, 8 — рукоятки; 2, 7 — рычаги с пружиной; 3 — рычаг;  
4 — шайба; 5 — режущий нож; 6 — винт

Для разрезания металла толщиной до 2 мм применяют *стуловые ножницы*. Нижнюю ручку закрепляют в параллельных тисках (рис. 7.14) или крепят на столе либо на другом жестком основании. Эти ножницы малопроизводительны, при работе требуют значительных усилий, поэтому их применяют для разрезания небольшой партии деталей.

Для разрезания листового металла толщиной до 4 мм применяют *рычажные ножницы* (рис. 7.15). Нижний нож 1, заточенный под углом  $90^\circ$ , закреплен на основании ножниц неподвижно. Верхний нож 3 с криволинейным лезвием перемещается рычагом 2. Разрезаемый металл 4 укладывают на нижний нож так, чтобы разметочная линия располагалась под верхним ножом. Движением рычага вниз лист надрезают. Затем рычаг отводят, заготовка подается дальше по разметке, и процесс многократно повторяют до полного разрезания.

На рис. 1.11 показана конструкция еще одних рычажных ножниц для резки листового материала, круглых прутков и металлических угольников размерами  $35 \times 35 \times 5$  мм. Их устройство и приемы работы описаны в § 1.2.

Для резки труб без снятия стружки используют *труборезы*. Резка труборезом производительнее, чем ножовками. Труборезы изготавливают трех размеров: № 1, 2, 3 для разрезания труб диаметром соответственно  $1/4 \dots 3/4''$ ,  $1 \dots 2,5''$  и  $3 \dots 4''$ . Трехроликовый труборез (рис. 7.16) имеет два острозаточенных режущих диска (ролика) 2, установленных на неподвижных

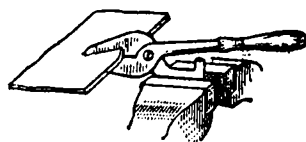


Рис. 7.14. Резка стуловыми ножницами

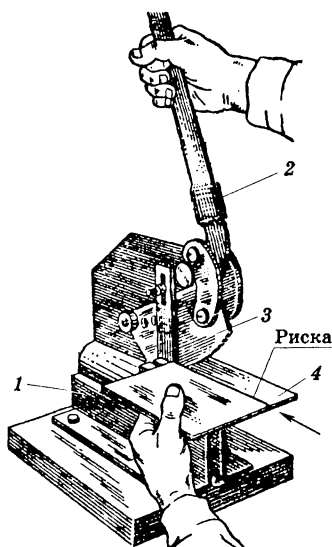


Рис. 7.15. Рычажные ножницы:

- 1 — нижний нож;
- 2 — рычаг;
- 3 — верхний нож;
- 4 — листовой металл

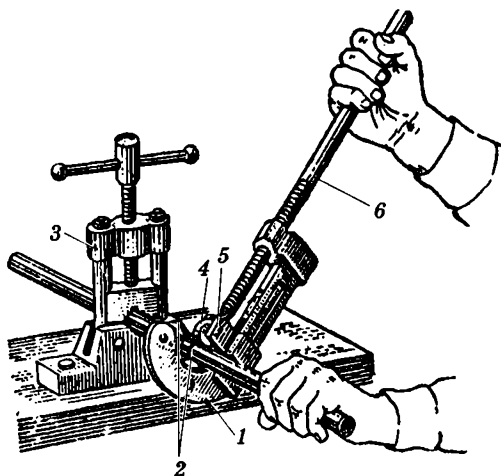


Рис. 7.16. Резка труб труборезом:  
1 — корпус; 2 — режущие ролики; 3 — трубный прижим;  
4 — подвижный ролик; 5 — подвижная щека; 6 — винт

осях в корпусе 1, и подвижный ролик 4, установленный в подвижной щеке 5. Трубу зажимают в трубном прижиме 3. На нее надевают труборез и, вращая винт 6, вдавливают ролик в металл. Вращают труборез вокруг трубы и выполняют резку по разметке, периодически поджимая ролик. Место реза смазывают машинным маслом.

### 7.3. Машинная резка металла

Ручная слесарная резка непроизводительна и применяется в единичном производстве. В массовом производстве на предприятиях машиностроительного профиля используется машинная резка. Она отличается высокой производительностью и хорошим качеством реза. Машинная резка применяется и в тех случаях, когда ручная резка невозможна для данных материала и габаритов заготовки.

Машинная резка выполняется с применением отрезного оборудования и устройств различного вида. Рассмотрим некоторые из них, чаще всего используемые для резки.

На рис. 7.17, *а* показана конструкция *пневматических ножниц*, с помощью которых можно резать листовую сталь толщиной до 2,5 мм и листы из цветных металлов толщиной до 4 мм. При нажатии курка 4 золотник 6 перемещается во втулке вниз и соединяет канал 3 в рукоятке 2 с нижним воздухопроводящим каналом во вставке 18. Сжатый воздух от штуцера 1 поступает в камеру 7, а из нее — под поршень 8 камеры 9.

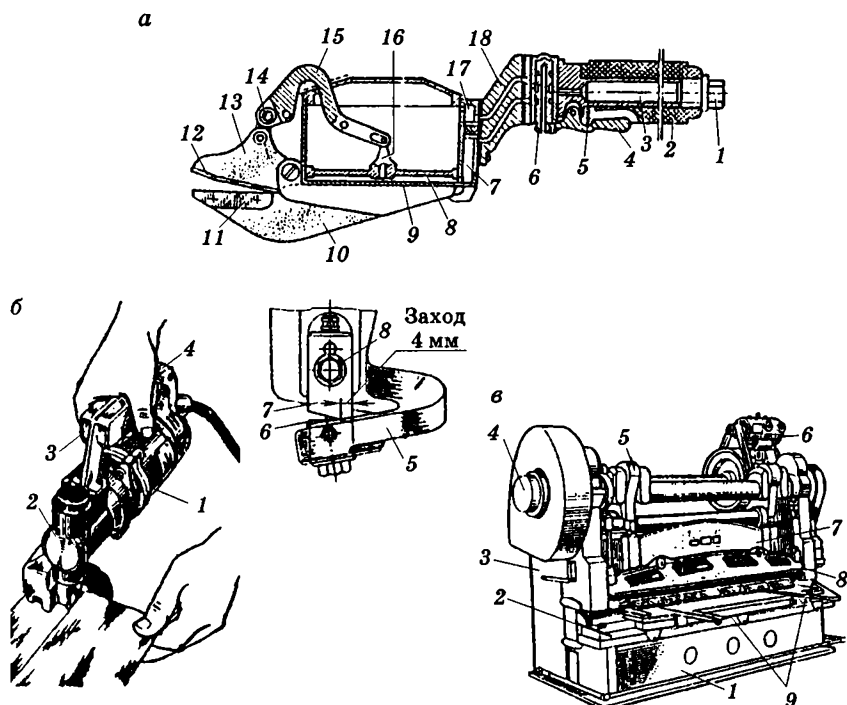


Рис. 7.17. Машинные ножницы:

*а* — пневматические (1 — штуцер; 2 — рукоятка; 3 — канал; 4 — курок; 5 — пружина; 6 — золотник; 7, 9 — камеры; 8 — поршень; 10 — неподвижная губка; 11 — нижний нож; 12 — верхний нож; 13 — подвижная губка; 14 — серьга; 15 — рычаг; 16 — шток; 17 — воздухоприемная камера; 18 — вставка); *б* — электрические (1 — электродвигатель; 2 — редуктор; 3 — выключатель; 4 — рукоятка; 5 — скоба; 6 — нижний нож; 7 — верхний нож; 8 — эксцентрик); *в* — гильотинные (1 — станина; 2 — стол; 3 — стойка; 4 — кривошипный вал; 5 — шатун; 6 — электродвигатель; 7 — ползун; 8 — прижим; 9 — кронштейн)



Шток 16 поршня при этом поднимает правое плечо рычага 15, который, поворачиваясь, опускает серьгу 14, смыкая подвижную губку 13 и неподвижную 10. Верхний нож 12, опускаясь, давит на металл, оба ножа (11 и 12) сминают его поверхность, а затем разделяют металл. При отпуске курка он под действием пружины 5 возвращается в исходное положение, золотник 6 соединяет канал 3 с воздухоприемной камерой 17 и опускается, а верхний нож отходит вверх. При многократном нажатии и отпуске курка ножи продолжают резание, перемещаясь вперед по разметочным рискам. Производительность таких ножниц составляет 2,5 м/мин.

На рис. 7.17, б показаны *электрические ножницы вибрационного действия*. При работе этими ножницами возвратно-поступательное движение от эксцентрика передается верхнему ножу 7. Нижний нож 6 укреплен на скобе 5. При резке ножницы держат правой рукой (указательный палец помещается на рычаге выключателя 3 с курком).левой рукой лист подают между ножницами, направляя его под режущую кромку верхнего ножа согласно разметке. Электрическими ножницами разрезают листовую сталь толщиной до 2,7 мм. Их производительность составляет 3...6 м/мин.

*Гильотинные ножницы с наклонными ножами* (рис. 7.17, в) позволяют резать листовую металл толщиной до 32 мм, реже — полосовой прокат. Они имеют нижний неподвижный и верхний подвижный ножи. Верхний нож наклонен под углом 2...6°. Нижний нож крепится к задней части стола 2, установленного на станине 1, верхний — к ползуну 7. От электродвигателя 6 через клиноременную передачу получает вращение кривошипный вал 4. Два шатуна 5 сообщают ползуну возвратно-поступательное перемещение по направляющим стоек 3. Разрезаемый лист укладывают на стол к кронштейну 9 и прижимают прижимом 8.

*Роликовые ножницы* (рис. 7.18) имеют два острозаточенных ролика или дисковые ножи. От электродвигателя через механическую передачу они получают вращение в разные стороны. Материал затягивается роликами и, проходя между ними, разрезается. Имеются роликовые ножницы с параллель-

ным расположением роликов (рис. 7.18, *а*) и с наклонным расположением нижнего ролика (рис. 7.18, *б*). Они позволяют резать полосы, вырезать круглые диски и кольца, фасонные изделия из листового металла толщиной до 30 мм.

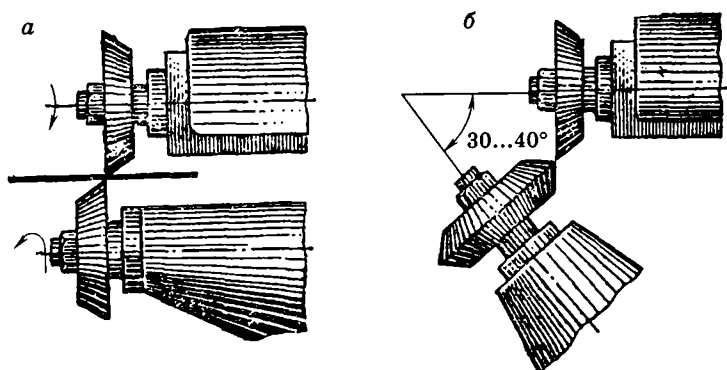


Рис. 7.18. Роликовые ножницы:

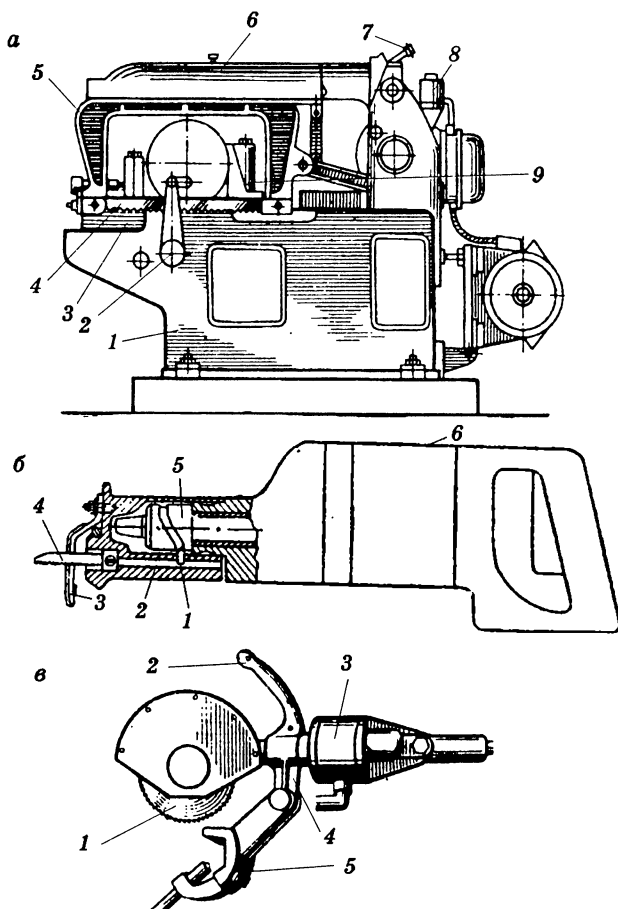
*а* — с параллельным расположением роликов;  
*б* — с наклонным расположением нижнего ролика

Для машинной резки со снятием стружки могут быть использованы механические ножовки (ножовочные пилы) и дисковые пилы.

**Механические ножовки** делятся на две группы: стационарные и переносные.

**Стационарная механическая пила** (рис. 7.19, *а*) представляет собой металлорежущий станок, который имеет станину 1, упор 2, стол 3, ножовочное полотно 4, пильную раму 5, хобот 6, выключатель 7, кнопочную станцию 8 и машинные тиски 9. Механическая ножовка имеет электрический и гидравлический приводы и предназначена для резки заготовок из сортового металла круглого и квадратного сечений. Данной ножовкой можно разрезать заготовки под углом благодаря установке тисков под соответствующий угол. Имеется механизм наладки на соответствующий ритм работы: 85 двойных ходов в минуту — для резки твердых металлов, 110 двойных ходов в минуту — для резки мягких металлов.

*Переносная механическая пила* (рис. 7.19, б) удобна при разрезании металла на месте выполнения слесарных работ. В корпусе 6 ножовки имеется электродвигатель, на вал которого насажен барабан 5. В спиральный паз барабана входит



**Рис. 7.19. Механические пилы:**

*а* — стационарная (1 — станина; 2 — упор; 3 — стол; 4 — ножовочное полотно; 5 — пильная рама; 6 — хобот; 7 — выключатель; 8 — кнопочная станция; 9 — машинные тиски); *б* — переносная (1 — палец; 2 — ползун; 3 — скоба; 4 — ножовочное полотно; 5 — барабан; 6 — корпус); *в* — переносная дисковая пневматическая (1 — дисковая фреза; 2 — рукоятка; 3 — редуктор; 4 — хвостовик; 5 — зажим)

палец 1, соединенный с ползуном 2, на котором укреплено ножовочное полотно 4. При вращении барабана ножовочное полотно получает возвратно-поступательное движение и разрезает металл. Во время работы ножовка упирается скобой 3 и поддерживается за рукоятку.

Очень удобны при сборке трубопроводов *дисковые пневматические пилы* (рис. 7.19, в). Пила имеет редуктор 3, червячное колесо, дисковую фрезу 1. Отрезаемая труба закрепляется специальным зажимом 5, который установлен на хвостовике 4. Зажим крепится шарнирно к рукоятке 2.

Существуют стационарные дисковые и ленточные пилы. Их применяют для разрезания профильного и листового металла, для продольных разрезов.

*Стационарная дисковая пневматическая пила* (рис. 7.20, а) состоит из станины 2 и вертикальной колонны 9. На колонне смонтирован поворотный кронштейн 6 с направляющими 4

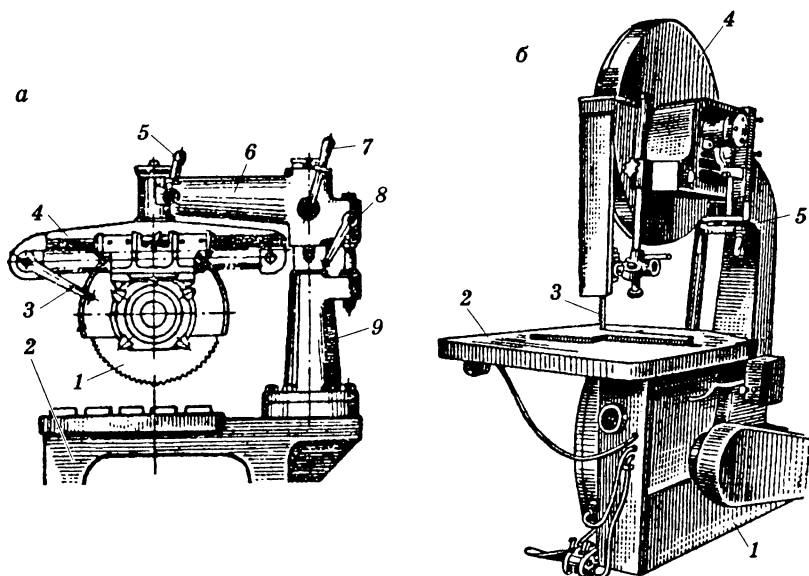


Рис. 7.20. Стационарные пилы:

а — дисковая (1 — режущий диск; 2 — станина; 3 — рукоятка подачи диска; 4 — направляющие; 5, 7, 8 — рукоятки; 6 — поворотный кронштейн; 9 — колонна); б — ленточная (1 — станина; 2 — стол; 3 — режущее полотно; 4 — кожух; 5 — маховик)

для электродвигателя, на оси которого установлен режущий диск 1. Подача диска осуществляется рукояткой 3. Наладку станка с учетом профиля и размера заготовок выполняют рукоятками 5, 7 и 8.

На рис. 7.20, б показана *стационарная ленточная пила*, состоящая из станины 1, стола 2, режущего полотна (ленты с зубьями) 3, кожуха 4 и маховика 5.

Резка на механических ножовках и пилах выполняется только по разметке и упору. Точность резки составляет  $\pm 1$  мм.

В последнее время в машиностроении широко используют абразивную, газовую, электродуговую, анодно-механическую и электроискровую резку.

*Абразивная резка* выполняется с помощью абразивного отрезного диска и отличается высокой производительностью и хорошим качеством реза. Абразивные диски изготавливают из электрокорунда, карбида кремния и алмаза. Данный метод применяется при резке материалов повышенной твердости.

*Газовая (автогенная) резка* ведется с помощью обычного газосварочного оборудования; при этом сварочная горелка заменяется резаком (рис. 7.21), подающим ацетиленокислородную смесь.

Резаки бывают универсальные и специальные. К специальным относят резаки для подводной резки, вырезания отверстий и т.д. Существуют полуавтоматические и автоматические машины для газовой резки, обеспечивающие хорошее качество реза, высокую производительность и достаточную точность разрезания. Газовой резке могут подвергаться заготовки большой толщины (до 400 мм, а иногда и более). Чугун, цветные металлы и сплавы газовой резке не поддаются, так

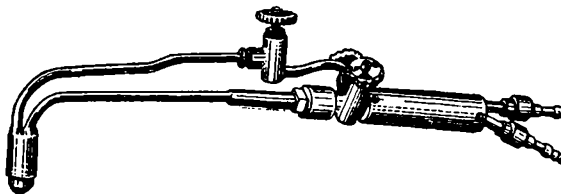


Рис. 7.21. Ацетиленокислородный резак для ручной газовой резки

как образовавшиеся оксиды очень густые и не удаляются продувкой.

Электрические методы применяются для разрезания высоколегированных и жаростойких сталей, а также твердых сплавов, которые трудно поддаются или совсем не поддаются разрезанию обычным инструментом. К ним относят электродуговую, электроискровую и анодно-механическую резку.

*Электродуговая резка* металла применяется в тех случаях, когда газовая резка невозможна. Ее используют при разрезании стали, чугуна, цветных металлов и сплавов. Суть этой резки заключается в том, что благодаря высокой температуре, создаваемой электрической дугой, металл плавится и, стекая, разрезает заготовку в зоне реза. Резку выполняют металлическим, угольным или графитовым электродом. Более качественную резку обеспечивают металлические электроды.

*Электроискровая резка* (рис. 7.22) основана на электрической эрозии (разрушении) материала заготовки. Конденсатор  $C$ , включенный в зарядный контур, заряжается через резистор  $R$  от источника постоянного тока напряжением 100...200 В. Когда напряжение на электродах 1 (инструмент) и 2 (заготовка) достигает пробойного, между их ближайшими микровыступами происходит искровой разряд продолжительностью 20...200 мкс.

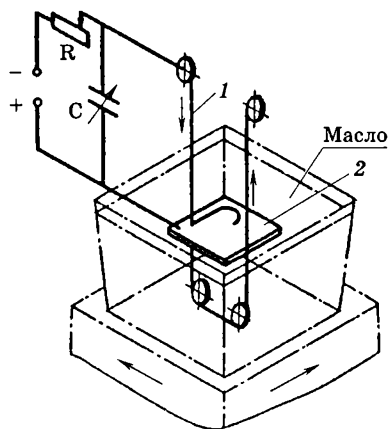


Рис. 7.22. Электроискровая резка заготовок:

1 — проволока (инструмент); 2 — заготовка

Температура разряда достигает 10 000...12 000 °С. В месте разряда на заготовке мгновенно расплавляется и испаряется элементарный объем материала и образуется лунка. Разрядами, непрерывно следующими друг за другом, разрушается весь материал заготовки, находящийся от инструмента на расстоянии 0,01...0,05 мм.

*Анодно-механическая резка* основана на комбинированном разрушении материала заготовки: электрическом, химическом и механическом. Суть этого метода заключается в том, что разрезаемая заготовка (анод), зажата в тисках (рис. 7.23), обрабатывается режущим диском 4 (катодом). В зазор между инструментом и заготовкой подается рабочая жидкость, обладающая способностью образовывать на поверхности разрезаемого металла пленку, плохо проводящую электрический ток. В процессе удаления этой пленки механическим путем между режущим диском и прутком происходят многочисленные короткие замыкания, при которых в месте реза создается высокая температура, что и обеспечивает разрезание металла.

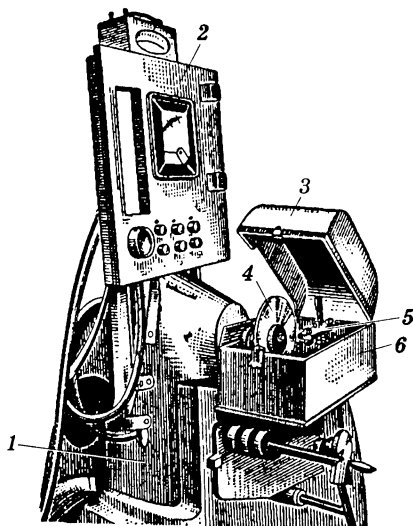


Рис. 7.23. Анодно-механическая установка:

- 1 — станина; 2 — щит электроприборов; 3 — крышка;  
4 — режущий диск; 5 — тиски; 6 — ванна для электролита

Режущий диск изготавливается из углеродистой стали толщиной 0,5...0,8 мм и вращается со скоростью 12...20 м/с.

К новым методам резки относятся плазменная, лазерная и водно-абразивная.

## **Брак при резке металла и безопасность труда**

**7.4.**

Основные причины брака при резке — косой рез металла, несоблюдение заданных размеров в результате неправильной разметки или разрезания не по риску, повреждение разрезаемой заготовки из-за неправильного зажима в тисках и др.

При работе ручной ножовкой необходимо надежно закрепить заготовку в тисках. Полотно в ножовочном станке должно быть натянуто не слишком туго и не слабо. В обоих случаях увеличивается возможность поломки полотна и случайного ранения рабочих. В конце резки следует ослабить нажим на ножовку и поддерживать отрезаемую часть, чтобы она не упала на ноги.

Разрезая тонкий листовой металл ручными ножницами, легко поранить левую руку как острыми кромками разрезаемого материала, так и лезвиями ножниц. Поэтому держать разрезаемый материал надо левой рукой, на которую надета рукавица. Нельзя пользоваться тупыми ножницами, которые не столько режут, сколько мнут металл. Ни в коем случае нельзя работать ножницами, у которых разболтался шарнир.

Рычажные ножницы должны быть обеспечены противосомом или другими приспособлениями, исключающими самопроизвольное опускание подвижного ножа.

При разрезании металла на гильотинных ножницах надо внимательно следить за правильной подачей металла и не допускать его заклинивания. Следует устанавливать оградительную линейку или предохранительный прижим. Ножная пусковая педаль гильотинных ножниц должна быть надежно ограждена.

При работе на дисковых ножницах ножи-диски должны быть ограждены специальными щитками, препятствующими попаданию пальцев рабочего под ножи.



Ленточные пилы также должны иметь ограждение, за исключением той части ленты, которая участвует в процессе резки. Быстроходные ленточные пилы должны быть оборудованы ловителями, останавливающими ленту в случае ее обрыва.

При разрезании металла на анодно-механических и электроискровых установках нельзя прикасаться одновременно к двум находящимся под напряжением электродам. Работать следует в защитных очках и резиновых перчатках.

При резке металла со снятием стружки удалять ее во избежание травмирования глаз и пореза рук следует специальными волосяными щетками-сметками, а не сдвигать или удалять руками.

Приступая к работе на разрезных станках, необходимо ознакомиться с инструкцией по безопасности труда и строго соблюдать ее в процессе работы на данном оборудовании.

### Вопросы и задания для самоконтроля

1. Каковы суть и назначение резки?
2. Назовите виды резки металла.
3. Для чего применяют ручные ножницы?
4. Для чего применяют стуловые ножницы?
5. В каких случаях применяют рычажные ножницы?
6. Из каких основных деталей состоит ручная ножовка?
7. Почему в процессе резки полотно ножовки должно все время находиться в натянутом состоянии?
8. Почему при резке ножовкой в работе должно участвовать не менее трех зубьев?
9. С какой целью разводят зубья ножовочного полотна? Назовите виды разводки зубьев полотна.
10. Каковы особенности резки полосового и листового металла, круглых, граненых и квадратных прутков с помощью слесарной ножовки?
11. В чем преимущество резки труб труборезом перед резкой их ножовкой?
12. Каково назначение механической ножовки?
13. Для каких целей применяют абразивную резку?
14. Какие требования безопасности следует соблюдать при резке металла?
15. Укажите виды и причины брака при резке.

# 8

## ОПИЛИВАНИЕ МЕТАЛЛА

---

### Суть и назначение опиливания.

#### 8.1. Напильники

---

*Опиливанием* называют операцию по снятию припуска с поверхности заготовки с помощью режущего инструмента — напильника. Опиливание может выполняться ручным способом или машинным (на опилочных станках). Цель опиливания — придание деталям требуемых формы, размеров и заданной шероховатости поверхности. Опиливанием обрабатывают плоскости, выпуклые и вогнутые криволинейные поверхности, пазы и канавки, отверстия любой формы, поверхности, расположенные под различными углами. Точность при опиливании составляет 0,05 мм, а в отдельных случаях — 0,01 мм. Припуски при опиливании обычно небольшие — от 0,5 до 0,025 мм.

Опиливание является одной из самых распространенных и в то же время одной из самых трудоемких операций, выполняемых слесарем. Однако данная операция незаменима при изготовлении различных приспособлений, инструмента, а также при выполнении ремонтных и слесарно-сборочных работ.

Основным слесарным инструментом для опиливания являются напильники. *Напильник* — стальной закаленный брусок различных профиля и длины, на поверхности которого выполнена насечка.

Конструкция слесарного напильника показана на рис. 8.1. На рабочей части напильника выполнена *насечка* (режущие зубья). Она может быть образована насечением (рис. 8.2, а) на специальных пилонасекательных станках с помощью специального зубила, фрезерованием (рис. 8.2, б) на фрезерных станках фрезами, протягиванием (рис. 8.2, в) на протяжных станках специальными протяжками.

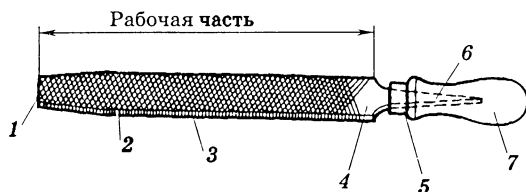


Рис. 8.1. Основные элементы слесарного напильника:  
1 — носик; 2 — ребро; 3 — грань; 4 — пятка; 5 — запечник;  
6 — хвостовик; 7 — ручка

Зуб напильника имеет следующие углы (рис. 8.2, а): передний  $\gamma$ , задний  $\alpha$ , заострения  $\beta$  и резания  $\delta$ . Величины этих углов зависят от способа получения насечки (рис. 8.2, а, б).

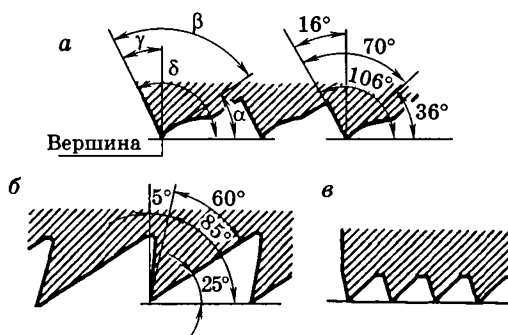


Рис. 8.2. Геометрия напильников:  
а — с насеченным зубом; б — с отфрезерованным зубом;  
в — с протянутым зубом

Для геометрии напильника выполняется равенство  $\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ$  (или  $\delta + \gamma = 90^\circ$ ). Напильники изготавливают из стали марок У12, У12А, У13, У13А, 13Х, 14ХФ, ШХ15. Твердость напильника HRC 54.

Напильники подразделяют по крупности насечки, форме насечки, длине и форме бруска, назначению.

По крупности насечки (табл. 8.1) напильники делятся на *драчевые* (№ 0 и № 1), *личные* (№ 2 и № 3), *бархатные* (№ 4 и № 5). Из табл. 8.1 видно, что самую крупную насечку имеют драчевые напильники, а самую мелкую — бархатные.

Таблица 8.1

**Классификация напильников по крупности насечки**

Тип напильника	Номер насечки	Число основных насечек на 1 см (погонный) при длине напильника, мм					
		100 и 125	150	200	250	300	400
Драчевый	0	—	—	—	—	—	4,5
	1	14	12	10	8,5	7	6
Личной	2	20	17	14	12	10	8,5
	3	28	24	20	17	14	12
Бархатный	4	40	34	28	24	20	—
	5	56	48	40	34	28	—

В зависимости от формы насечки бывают напильники с одинарной насечкой, двойной, рашпильной и дуговой.

Напильники с одинарной (простой) насечкой (рис. 8.3, а) снимают широкую стружку. Их применяют для опилования мягких металлов и сплавов (цинк, свинец, латунь, алюминий и др.) и неметаллических материалов (дерева).

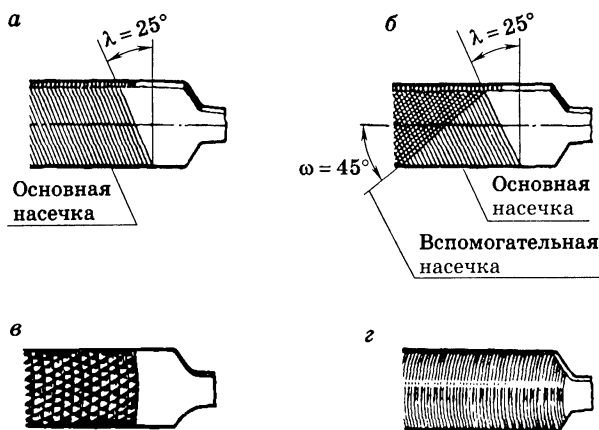


Рис. 8.3. Виды насечек напильников:

а — одинарная; б — двойная; в — рашпильная; г — дуговая

Напильники с двойной (перекрестной) насечкой (рис. 8.3, б) применяют для опилования стали, чугуна и твердых материалов. В напильниках с двойной насечкой сначала насечается

основная насечка под углом  $\lambda = 25^\circ$ , а затем вспомогательная под углом  $\omega = 45^\circ$ . При опиливании основная насечка снимает стружку, а вспомогательная дробит ее. Расстояние между соседними зубьями насечки называется *шагом*. Шаг основной насечки больше шага вспомогательной. В результате зубья располагаются друг за другом по прямой, составляющей с осью напильника  $5^\circ$ , и при его движении следы зубьев частично перекрывают друг друга, поэтому на обработанной поверхности уменьшается шероховатость, поверхность получается более чистой и гладкой.

*Рашпильная (точечная) насечка* (рис. 8.3, в) получается вдавливанием металла специальными трехгранными зубилами, которые оставляют расположенные в шахматном порядке выемки, способствующие лучшему размещению стружки.

*Дуговую насечку* (рис. 8.3, г) получают фрезерованием. Она имеет глубокие впадины между зубьями и дугообразную форму, обеспечивающую высокую производительность и хорошее качество обработки поверхности. Напильники с дуговой насечкой применяют при обработке мягких металлов (медь, дюралюминий и др.).

По назначению напильники классифицируют следующим образом: общего назначения, специального назначения, надфили, рашпили, машинные.

*Напильники общего назначения* предназначены для выполнения общеслесарных работ. Они различаются по крупности насечки (см. табл. 8.1), форме и длине бруска. Их изготавливают длиной 100, 125, 150, 200, 250, 300, 350 и 400 мм.

По форме бруска напильники делятся на следующие типы:

А — плоские (рис. 8.4, а);

Б — плоские остроносые (рис. 8.4, б); применяются для опилования наружных или внутренних плоских поверхностей;

В — квадратные (рис. 8.4, в); предназначены для распиливания квадратных, прямоугольных и многоугольных отверстий, а также для опилования узких плоских поверхностей;

Г — трехгранные (рис. 8.4, г); предназначены для опилования острых углов величиной  $60^\circ$  и более, а также для заточки пил по дереву;

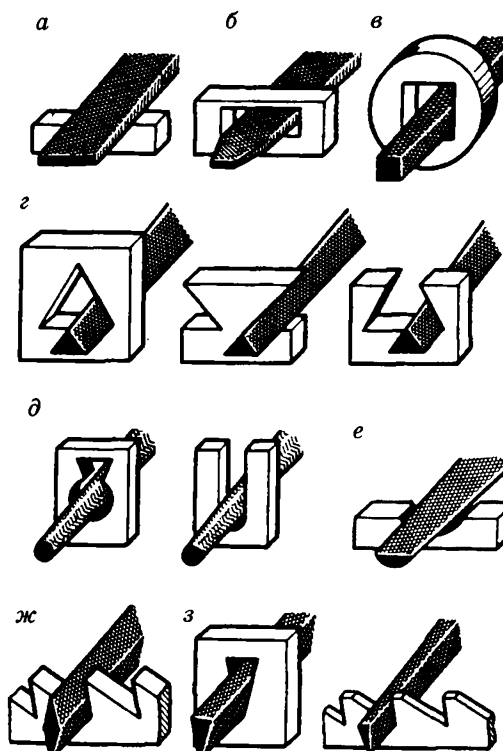


Рис. 8.4. Формы сечения напильников общего назначения:  
 а — плоский; б — плоский остроносый; в — квадратный; г — трех-  
 гранный; д — круглый; е — полукруглый; ж — ромбический;  
 з — ножовочный

Д — круглые (рис. 8.4, д); применяются для распиливания круглых, овальных отверстий и вогнутых поверхностей небольшого радиуса;

Е — полукруглые (рис. 8.4, е); используются для обработки вогнутых криволинейных поверхностей значительного радиуса и больших круглых отверстий, а также плоскостей, расположенных под углом более  $30^\circ$ ;

Ж — ромбические (рис. 8.4, ж); применяются для опилования дисков и звездочек, для снятия заусенцев с этих деталей после обработки их на станке, а также опилования углов свыше  $15^\circ$  и пазов;

З — ножовочные (рис. 8.4, з); применяются при опиливании внутренних углов, клиновидных канавок, узких пазов, плоскостей в трехгранных, квадратных и прямоугольных отверстиях, а также при изготовлении режущего инструмента.

К *напильникам специального назначения* относятся: *пазовые напильники* для обработки узких пазов; *плоские и квадратные напильники* с фрезерованными зубьями для опилования чугуна и цветных металлов; *плоскопараллельные напильники* прямоугольного сечения для отделочных работ на токарных станках; *напильники для заточки и доводки режущего инструмента* (алмазные); *напильники для определения твердости* (тарированные); *напильники для обработки изделий из легких сплавов и неметаллических материалов*.

Напильники маленьких размеров называют *надфилями*. Длина их рабочей части составляет 50, 60 и 80 мм. Формы поперечного сечения надфилей такие же, как и у напильников общего назначения (рис. 8.5). Кроме того, выпускают надфили трехгранные односторонние, овальные и пазовые. Надфили каждого типа выпускают трех типоразмеров. Выпускаемые надфили имеют десять номеров насечки: 00; 0; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8. Изготавливают надфили из стали марок У13 и У13А. Их применяют для точных специальных работ (лекальные, граверные, ювелирные работы, зачистка в труднодоступных местах матриц, мелких отверстий, профильных участков изделий и т.д.).

*Рапили* (рис. 8.6) предназначены для обработки мягких металлов (свинец, олово, медь и др.) и неметаллических материалов (кожа, резина, дерево, пластмасса), когда напильники общего назначения непригодны для этих работ.

В зависимости от профиля рапили общего назначения бывают плоские (тупоносые и остроносые), круглые и полукруглые с насечками № 1 и № 2 и длиной от 250 до 350 мм.

*Машинные напильники* (рис. 8.7) применяются для машинного опилования на опиловочных станках с вращательным движением (борнапильники и дисковые) и с возвратно-поступательным движением (стержневые). *Борнапильники* — это фасонные головки с насеченными или фрезерованными зубьями.

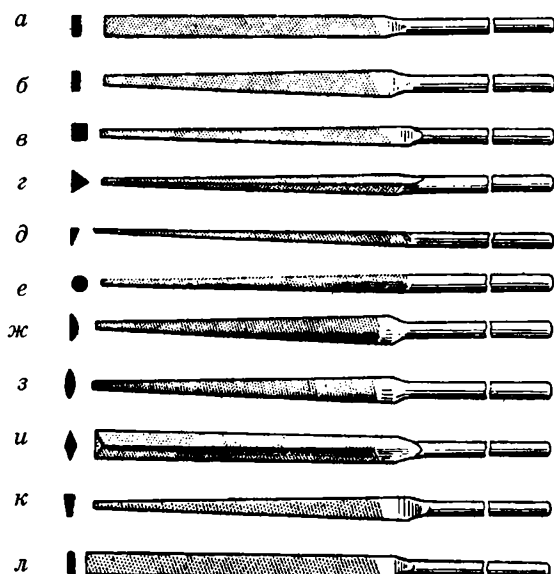


Рис. 8.5. Надфили:

*а* — прямоугольный тупоносый; *б* — прямоугольный остроносый;  
*в* — квадратный тупоносый; *г* — трехгранный тупоносый; *д* — трех-  
 гранный остроносый; *е* — круглый тупоносый; *ж* — полукруглый;  
*з* — овальный тупоносый; *и* — ромбический тупоносый; *к* — ножо-  
 вочный; *л* — пазовый

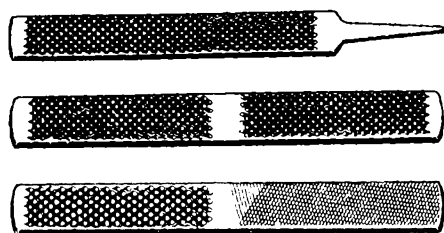


Рис. 8.6. Рашпили

Их изготавливают цельными с хвостовиком или насадными на оправку. Борнапильники имеют угловую, шаровидную, цилиндрическую, фасонную и другую форму. Ими обрабатывают фасонные поверхности.



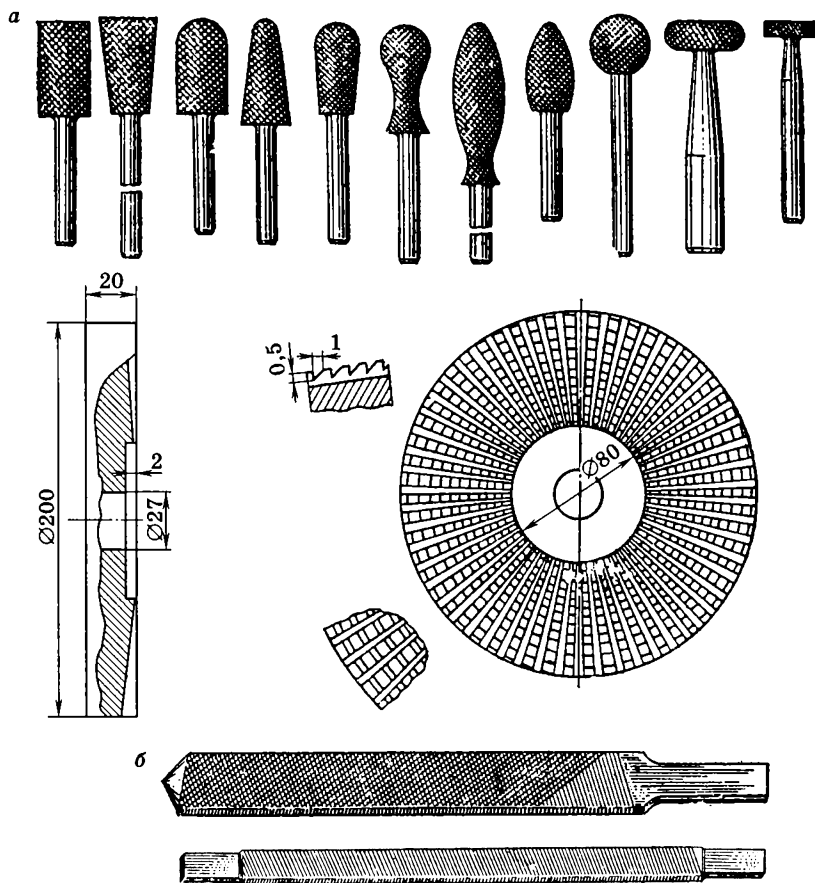


Рис. 8.7. Машинные напильники:

*а* — борнапильники и дисковые напильники; *б* — стержневые

*Дисковые напильники* применяют для зачистки отливок, поковок, снятия заусенцев на станках типа наждачных точил. Диск имеет диаметр 150...200 мм и толщину 10...20 мм. Зубья фрезерованные или насеченные.

*Стержневые напильники* закрепляют на опиловочных станках с возвратно-поступательным движением в специальных патронах или в центрах — держателях станка. Эти напильники имеют такие же профили и насечку, как и напильники общего назначения.

## 8.2. Выбор напильников для опилования

Для выполнения опилования необходимо выбрать тип напильника, его длину и номер насечки.

Тип напильника определяется формой обрабатываемой поверхности. Например, при опиловании плоской поверхности применяют плоский напильник, квадратного отверстия — квадратный, круглого отверстия — круглый. На рис. 8.8 показано применение таких напильников. Более подробно их назначение рассмотрено в § 8.1.

Длина напильника определяется размерами обрабатываемых поверхностей. Напильники берутся длиной на 150 мм больше размера обрабатываемой поверхности. Для опилования тонких пластин, для пригоночных и доводочных работ берут короткие напильники с мелкой насечкой. Когда требуется снять большой припуск, работают напильниками длиной 300...400 мм с крупной насечкой.

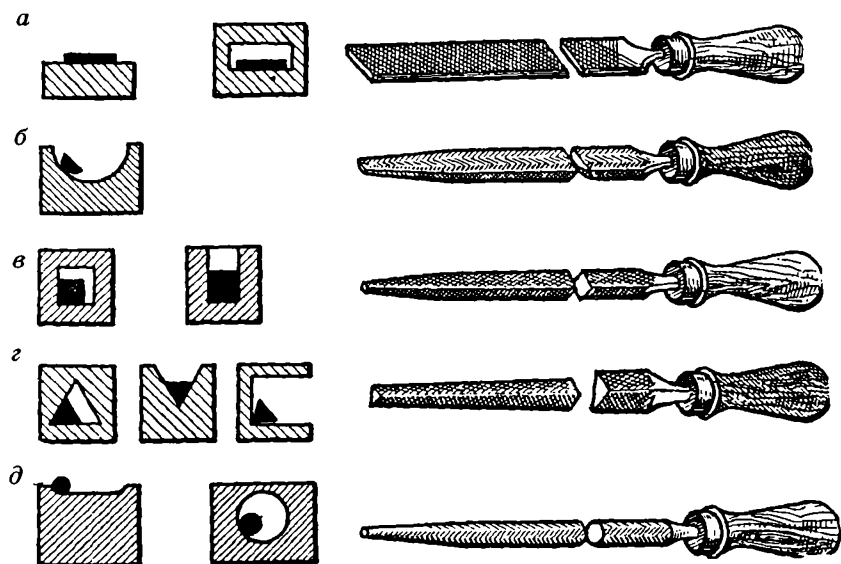


Рис. 8.8. Применение напильников:

*a* — плоского; *б* — полукруглого; *в* — квадратного;  
*г* — трехгранного; *д* — круглого

Номер насечки зависит от вида обработки и величины припуска. Для весьма грубой обработки, когда требуется снять большой слой металла, применяют напильники с насечкой № 0. Для менее грубых работ, но для снятия большого слоя металла используют драчевые напильники с насечкой № 1. Они позволяют за один рабочий ход снять слой металла толщиной 0,08...0,15 мм при точности обработки 0,10...0,15 мм. Чистовую отделку поверхности, когда требуется снять слой металла толщиной не более 0,10...0,15 мм, после предварительной обработки драчевым напильником выполняют личным напильником с насечкой № 2 или № 3. За один рабочий ход они снимают слой металла толщиной 0,02...0,08 мм при точности обработки 0,025...0,05 мм и шероховатости  $\sqrt{Ra}$  1,25. Самое точное опиление обеспечивается бархатными напильниками с насечками № 4 и № 5, которые снимают за один рабочий ход слой толщиной 0,025...0,05 мм при точности обработки 0,005...0,01 мм. Получаемая при этом шероховатость поверхности соответствует шероховатости  $\sqrt{Ra}$  0,08.

Тонкие заготовки из стали повышенной твердости рекомендуется опиливать напильниками с насечкой № 2. При отсутствии специальных напильников цветные металлы обрабатывают напильниками общего назначения с насечкой № 1. Личные и бархатные напильники для опиления цветных металлов непригодны.

### **8.3. Уход за напильниками**

Новые напильники имеют светло-серый цвет и ровную насечку. Наличие на их поверхности темных мест свидетельствует о некачественной закалке или о том, что инструмент окислился. Дребезжание при постукивании указывает на наличие трещин.

Увеличение срока службы напильника обеспечивается правильным уходом. Так, например, нельзя обрабатывать напильником материалы, твердость которых превышает его твердость. Нельзя ударять по напильникам: из-за хрупкости они могут

давать трещины и ломаться. Их укладывают на специальные подставки. Новым напильником надо обрабатывать сначала мягкие металлы, а после некоторого затупления — более твердые. Необходимо помнить, что новыми напильниками не следует опиливать поверхность с окалиной или литейной коркой. Поверхность с окалиной надо снимать на обдирочном наждачном точиле или насеченным ребром старого напильника. Нельзя также использовать новые напильники для опиливания мягких материалов (свинца, олова, красной меди), так как стружка этих металлов забивает впадины между режущими зубьями. Перед опиливанием мягких и вязких материалов напильник натирают мелом, что уменьшает его забивку стружкой. На рабочую часть напильника не должны попадать пыль, стружка, влага (вызывает коррозию), масла (замасленные напильники не режут, а скользят по металлу). Напильники замасливаются и в том случае, если их протирают открытой ладонью.

По окончании работ напильники очищают от стружки металлическими щетками (рис. 8.9, а) или скребками (рис. 8.9, б) из мягких металлов, перемещаемыми вдоль насечки. Для удаления оставшейся между зубьями стружки напильник помещают на 8...10 мин в 10%-й раствор серной кислоты, после чего

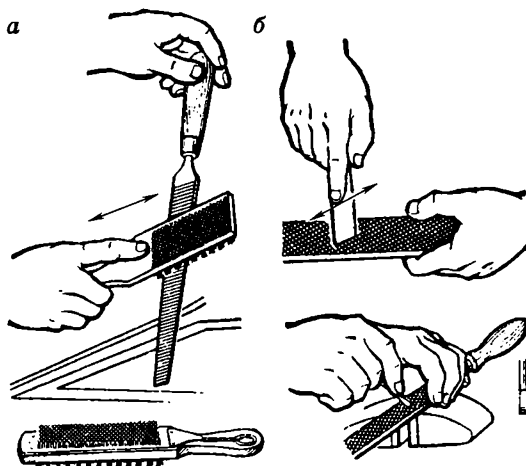


Рис. 8.9. Чистка напильника:

а — металлической щеткой; б — скребком из мягкого металла

промывают в воде, очищают щеткой, нейтрализуют в растворе каустической соды, промывают в горячей воде и сушат. Сильно замасленные напильники натирают древесным углем либо опускают в раствор каустической соды, после чего промывают и сушат.

Перед опиливанием алюминиевых сплавов напильник для уменьшения его засаливания следует натереть стеарином.

## 8.4. Рукоятки к напильникам

Для удобства и безопасности опилования на хвостовик напильника насаживают деревянные рукоятки из березы, липы, ясеня, клена или прессованной бумажной массы. Эти рукоятки имеют недостатки: при насадке на хвостовик напильника они трескаются и плохо фиксируются. В последнее время широкое распространение получили быстросменные рукоятки (рис. 8.10). Они предназначены для закрепления напильников с различными хвостовиками. Рукоятка устроена следующим образом. Внутри пластмассового корпуса 1 запрессован металлический стакан 3, доньшком которого являются гайки 2. В стакан помещены пружина 4 и втулка 5 с пазом. Чтобы насадить рукоятку на напильник, ее надевают на хвостовик и вращают. При этом гайки навинчиваются на хвостовик. Второй точкой опоры хвостовика является втулка, поджимаемая пружиной.

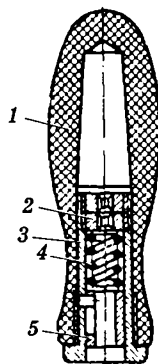


Рис. 8.10. Быстросменные рукоятки:

- 1 — пластмассовый корпус;
- 2 — гайка; 3 — металлический стакан; 4 — пружина;
- 5 — втулка

Поверхность рукоятки должна быть гладкой, отполированной, а ее длина — соответствовать длине напильника. Размеры рукояток выбирают из справочника. Обычно рукоятка должна быть в полтора раза длиннее хвостовика напильника.

Чтобы деревянная рукоятка не раскололась во время насадки на хвостовик напильника, на ее шейку надевают металлическое кольцо. Диаметр отверстия в рукоятке не должен быть больше ширины средней части хвостовика напильника, а глубина отверстия должна соответствовать длине хвостовика.

Чтобы насадить напильник, его хвостовик вставляют в отверстие рукоятки и, взяв напильник за насеченную часть правой рукой, не очень сильно ударяют головкой рукоятки о верстак (рис. 8.11, а) или молотком по рукоятке (рис. 8.11, б). Чтобы снять рукоятку с напильника, левой рукой крепко обхватывают рукоятку, а правой рукой молотком наносят два-три несильных удара по верхнему краю кольца (рис. 8.11, в), после чего напильник легко извлекается из отверстия рукоятки (рис. 8.11, г).

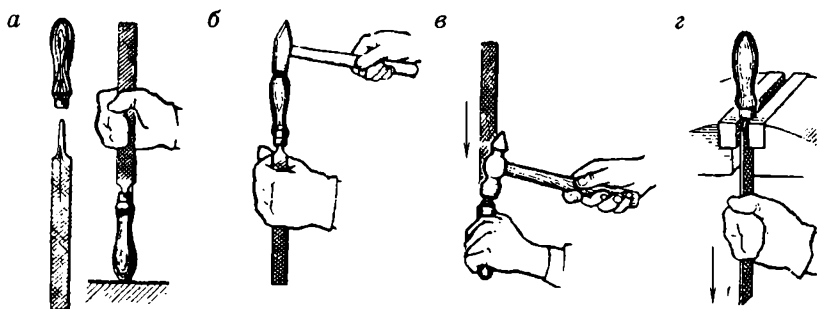


Рис. 8.11. Насадка и снятие рукояток напильника:

а — насадка ударом; б — насадка молотком; в — предварительное снятие; г — окончательное снятие в тисках

Для закрепления надфилей также используют быстросменные рукоятки (рис. 8.12). Пластмассовая рукоятка состоит из двух частей. Хвостовик 2 имеет разрезную цанговую втулку

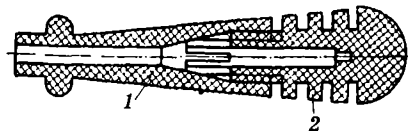


Рис. 8.12. Рукоятка для надфилей:

1 — наконечник; 2 — хвостовик рукоятки

с конусом, которая сжимается при навинчивании наконечника 1. Размещенный внутри рукоятки хвостовик надфиля зажимается с помощью цанговой втулки при вращении наконечника.

## Приемы и виды опиления.

### 8.5. Контроль опиления

Перед опилением заготовку очищают металлическими щетками от коррозии, окалины, литейную корку срубают зубилом, удаляют наждаком или старым напильником. Затем обрабатываемую заготовку зажимают в тисках опиляемой плоскостью горизонтально, на 8...10 мм выше уровня губок. Заготовку с обработанными поверхностями закрепляют, надев на губки нагубники из мягкого металла (медь, латунь, алюминий).

Положение работающего напильником считается удобным и правильным, если он стоит перед тисками прямо и устойчиво (рис. 8.13, а), вполупорот к продольной оси тисков; при этом правое плечо должно находиться против винта тисков (рис. 8.13, б). Ступни ног должны располагаться под углом 40...60° друг к другу, расстояние между пятками ног — не более 200...300 мм (рис. 8.13, в). Правая рука с напильником, лежащим на губках тисков, должна быть согнута в локтевом суставе под прямым углом. Конец рукоятки напильника должен упираться в середину ладони правой руки, четыре пальца — обхватывать рукоятку снизу, большой палец располагается вдоль оси рукоятки сверху (рис. 8.14, а). Ладонь левой руки располагается поперек напильника на расстоянии 20...30 мм от его носка (рис. 8.14, б), пальцы слегка согнуты, но не допускается обхват ими нижней рабочей части напильника. Локоть левой руки слегка приподнят.

Процесс опиления, как и процесс резки ножовкой, состоит из рабочих и холостых ходов. В начале рабочего хода напильника (движение вперед) масса тела рабочего приходится

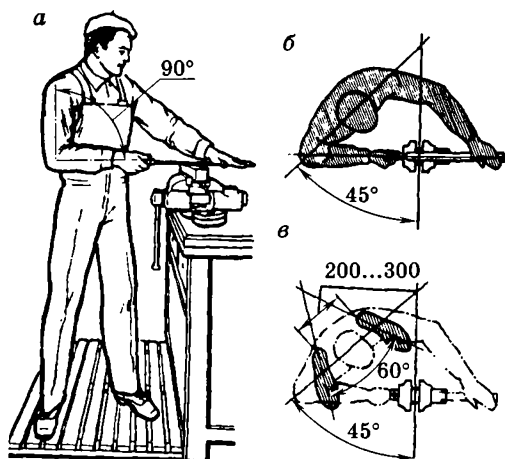


Рис. 8.13. Положение корпуса при опиливании:

*a* — главный вид; *б, в* — вид сверху

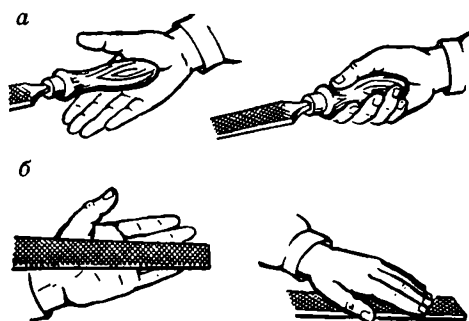


Рис. 8.14. Положение пальцев правой (*a*)

и левой (*б*) рук при опиливании

на правую ногу, при нажиме центр тяжести смещается на левую ногу, а при холостом ходе (обратное движение) — на правую. Благодаря этому мышцы ног при опиливании поочередно отдыхают. Корпус в процессе опиливания не должен раскачиваться.

При опиливании надо координировать усилия рук, т.е. соблюдать балансировку, заключающуюся в правильном увеличении нажима правой рукой на напильник во время рабочего



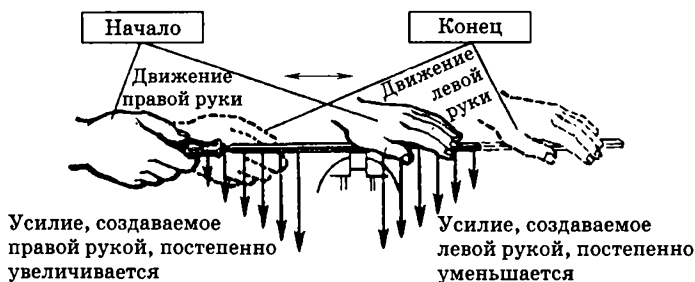


Рис. 8.15. Распределение нажима на напильник при опиливании

хода при одновременном уменьшении нажима левой рукой (рис. 8.15).

Напильник надо перемещать равномерно и плавно со скоростью 40...60 двойных ходов в минуту; обе руки должны двигаться в горизонтальной плоскости. В случае ослабления нажима правой рукой и усиления нажима левой может произойти завал поверхности впереди заготовки, а при усилении нажима правой рукой и ослабления нажима левой — завал задней части опиლიваемой поверхности.

Прижимать напильник к обрабатываемой поверхности необходимо при рабочем ходе (от себя). При обратном холостом ходе не следует отрывать напильник от поверхности детали. Во время холостого хода напильник должен скользить.

Надо помнить, что чем грубее обработка, тем больше должен быть нажим рук на напильник при рабочем ходе. При чистовом опиливании нажим на напильник должен быть значительно меньшим, чем при черновом.

Опиливание плоских поверхностей — сложный трудоемкий процесс. Чаще всего дефектом при опиливании плоских поверхностей является неплоскостность. Работая напильником в одном направлении, трудно получить правильную и чистую поверхность. Поэтому направление движения напильника в процессе обработки следует постоянно менять. При этом надо учитывать размеры заготовки и точность обработки. Для узких поверхностей применяют *продольное* (рис. 8.16, а) и *поперечное* (рис. 8.16, б) опилование. При опиливании поперек заготовки напильник соприкасается с меньшей площадью

поверхности, по ней проходит больше зубьев, что позволяет снять больший слой металла. Однако при поперечном опиловании положение напильника менее устойчивое и легче завалить края заготовки. Продольное опилование создает хорошую опору для напильника, но снижает производительность обработки. Поэтому поперечное опилование применяется для черновой обработки, а продольное — для чистовой.

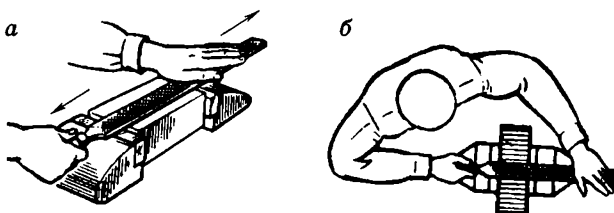


Рис. 8.16. Виды опилования:  
а — продольное; б — поперечное

Опиливание узких плоскостей на тонких деталях вызывает значительные трудности, поскольку при рабочем ходе напильника такие детали изгибаются, а также возникают завалы по краям. Поэтому тонкие детали собирают по несколько штук (3–10) вместе (пакет) и опиляют как широкую поверхность. Если требуется изготовить только одну деталь, опилование выполняют с применением *наметок*: наметок-рамок, универсальных наметок и плоскопараллельных наметок.

*Наметка-рамка* (рис. 8.17, а) представляет собой стальную закаленную конструкцию с хорошо обработанными рабочими поверхностями. Обрабатываемая пластина закладывается по риску в рамку и зажимается болтами. Сама рамка закрепляется в тисках, и обработка ведется до тех пор, пока напильник не коснется рабочей плоскости рамки.

*Универсальная наметка (параллелька)* состоит из двух брусков прямоугольного сечения, скрепленных между собой двумя направляющими планками (рис. 8.17, б). Один из брусков жестко соединен с направляющими планками, а другой передвигается вдоль этих планок параллельно неподвижному бруску. Сначала в слесарных тисках устанавливают рамку, а затем

заготовку. После совмещения разметочной линии с верхней плоскостью рамки заготовку вместе с планками зажимают в тисках и производят опилование.

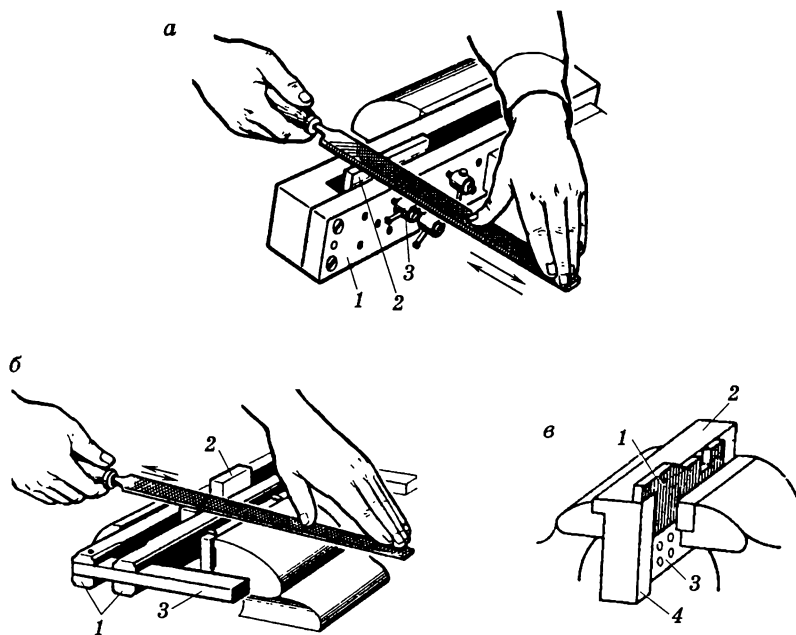


Рис. 8.17. Опиливание узких деталей:

*а* — в наметке-рамке (1 — закаленный корпус; 2 — обрабатываемая пластина; 3 — зажимные болты); *б* — в универсальной наметке (1 — закаленные бруски; 2 — обрабатываемая заготовка; 3 — направляющие планки); *в* — в плоскопараллельной наметке (1 — обрабатываемая пластина; 2 — буртик наметки; 3 — опорная плоскость; 4 — выступ наметки)

*Плоскопараллельные наметки* (рис. 8.17, *в*) имеют точно обработанные плоскости и выступы 4, позволяющие обрабатывать плоскости, расположенные под прямым углом, без последующего контроля угольником. На опорной плоскости 3 имеются резьбовые отверстия. С помощью винтов к этой плоскости можно прикрепить направляющие линейки или угольник, которые дают возможность опиловать деталь на заданный угол.

Обрабатываемую пластину 1 закладывают между подвижной губкой тисков и плоскостью наметки. Наметка должна лечь буртиком 2 на неподвижную губку тисков, а разметочная риска — совпасть с верхней поверхностью наметки, после чего окончательно зажимают наметку с пластиной в тисках и производят опилование.

При опиловании узких криволинейных поверхностей используют копиры. *Копир (кондуктор)* (рис. 8.18) представляет собой приспособление, рабочие поверхности которого обработаны соответственно контуру обрабатываемой детали, закалены и отшлифованы. Подлежащую опилованию заготовку 2 вставляют в копир 1 и вместе с ним зажимают в тисках и опиляют.

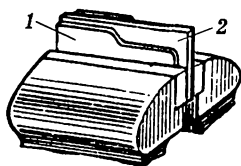


Рис. 8.18. Опилование по копиру:  
1 — копир;  
2 — заготовка

Использование наметок и копиров значительно повышает производительность и качество опиловочных работ.

Широкие плоские поверхности можно опиловать двумя способами:

1) смещением напильника в поперечном направлении после каждого хода на величину, несколько меньшую его ширины (рис. 8.19, а);

2) одновременным движением напильника вперед и в сторону (рис. 8.19, б).

Первый способ применяется при черновом опиловании, второй — при чистовом.

Чтобы при опиловании широких плоскостей можно было контролировать процесс обработки, применяют *способ перекрестного штриха*. Для этого опилование ведут сначала слева направо (рис. 8.19, в), а затем справа налево (рис. 8.19, г). Для чистовой обработки используют *продольное опилование* (рис. 8.19, д, е). По расположению штрихов можно видеть возможные отклонения от плоскостности: в местах впадин и завалов штрихи не перекрываются.

На рис. 8.20 показан контроль правильности опилования по расположению штрихов.

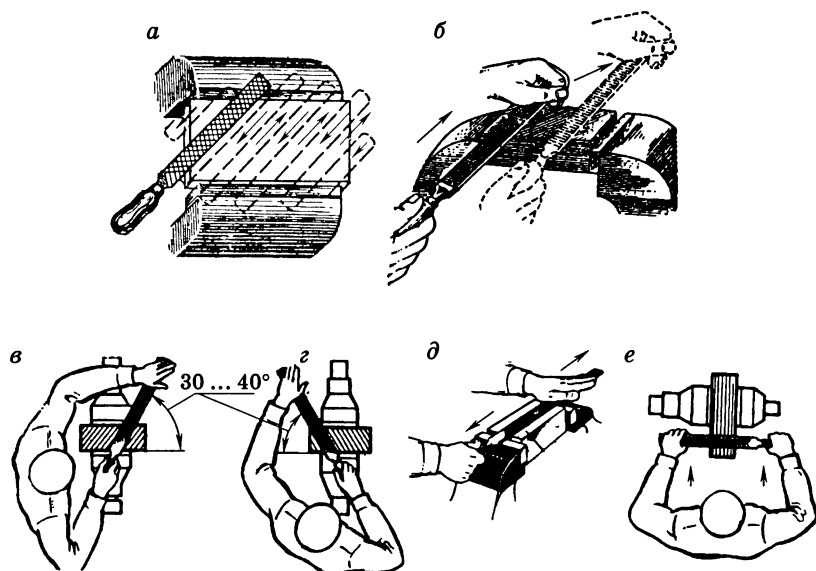


Рис. 8.19. Способы опилования плоских поверхностей:  
 а — смещением напильника; б — одновременным движением напильника вперед и в сторону; в, г — перекрестным штрихом (соответственно слева направо и справа налево); д, е — продольным опилованием

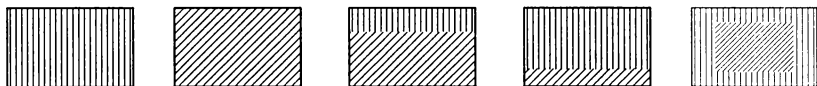


Рис. 8.20. Проверка правильности опилования по расположению штрихов

Более качественный контроль плоской поверхности обеспечивается с помощью лекальной линейки по методу «световой щели». Точность контроля составляет 0,002 мм. Лекальной линейкой контролируют отклонения от прямолинейности и плоскостности. При контроле отклонения от прямолинейности лекальную линейку накладывают на проверяемую поверхность с небольшим наклоном к себе и смотрят на просвет (рис. 8.21, а). Лекальная линейка располагается на уровне глаз. При отсутствии световой щели прямолинейность выдержана. Неравномерная щель указывает на непрямолинейность.

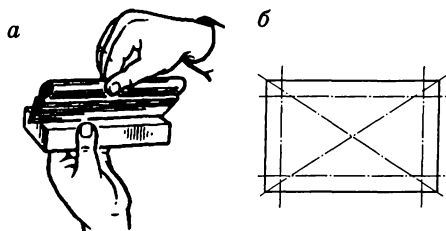


Рис. 8.21. Контроль лекальной линейкой:

- а* — прием работы лекальной линейкой (контроль прямолинейности);  
*б* — направления лекальной линейки при контроле плоскостности

Отклонение от плоскостности будет обеспечено тогда, когда достигнута прямолинейность в различных направлениях.

На рис. 8.21, *б* показаны места наложения лекальной линейки на плоскость заготовки при контроле отклонения от плоскостности: ее устанавливают в продольном направлении, поперечном и по обеим диагоналям. Чтобы линейка не потеряла точность, ее следует не перемещать по детали, а представлять из одного положения в другое.

Отклонение от параллельности двух опиленных плоских поверхностей проверяют штангенциркулем (рис. 8.22, *а*): измеряют деталь с двух сторон и сравнивают полученные результаты. Контроль размеров детали при опиловании обеспечивается штангенциркулем или микрометром. Отклонение от перпендикулярности проверяют угольником (рис. 8.22, *б*).

Высокая точность плоскостности достигается припиливанием «на краску». Подлежащую обработке деталь кладут на

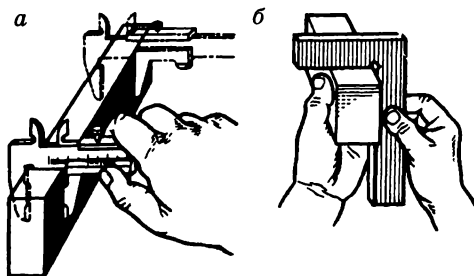


Рис. 8.22. Контроль расположения плоских поверхностей:

- а* — на параллельность; *б* — на перпендикулярность

покрытую тонким слоем краски поверочную плиту и перемещают по ней. При этом выступающие места окрашиваются. Их удаляют *круговым опиливанием* (рис. 8.23).

Рассмотрим приемы и последовательность опиливания и контроля различных поверхностей.

Опиливание плоскопараллельных плоскостей заготовки (рис. 8.24, где цифрами 1–6 обозначена последовательность опиливания сторон плоскопараллельной плитки) начинают с наиболее широкой поверхности, которую принимают за основную измерительную базу. Эту поверхность опиляют окончательно, соблюдая все правила опиливания и проверки плоских поверхностей. Затем штангенциркулем проверяют толщину и параллельность сторон заготовки, как показано на рис. 8.22, *а*. Замеры производят в трех-четыре-х местах. Определив подлежащий удалению припуск в различных местах второй широкой поверхности, производят ее опиливания.

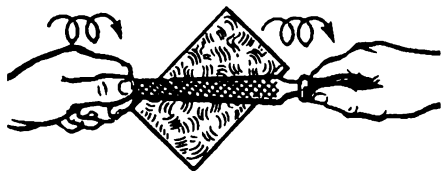


Рис. 8.23. Круговое опиливание

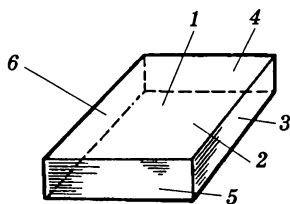


Рис. 8.24. Последовательность опиливания сторон плоскопараллельной пластины

Контроль отклонения от прямолинейности, плоскостности и параллельности производят периодически. Отклонение от параллельности сторон в процессе опиливания можно контролировать с помощью кронциркуля (рис. 8.25). На окончательно обработанной поверхности должны быть наведены продольные штрихи. Отклонение обработанных сторон от параллельности, прямолинейности и плоскостности и их толщина должны быть

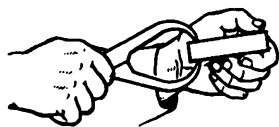


Рис. 8.25. Определение отклонения стороны поверхности от параллельности с помощью кронциркуля

в пределах допусков, указанных на чертеже. Если требуется опилить не только широкие стороны детали, но и узкие, то опиливание начинают с более длинной боковой стороны. Затем обрабатывают короткие стороны под углом  $90^\circ$  с проверкой их от длинной (базовой) стороны. При обработке последней стороны выдерживают параллельность с базовой плоскостью.

Опиливание сопряженных поверхностей — самый распространенный вид опиливания, так как оно предназначается для плоскостей, расположенных под углом  $90^\circ$  друг к другу или под иным углом. Наружные углы обрабатывают плоскими напильниками, внутренние углы в зависимости от их размера можно обрабатывать плоскими (с одним ребром без насечки) и трехгранными напильниками. Обработку заготовки начинают с базовой (наиболее длинной или широкой) поверхности. Ее опиливают окончательно, соблюдая все правила опиливания и контроля плоских поверхностей. Затем угольником предварительно проверяют угол между обработанной и необработанной поверхностями (рис. 8.26). Выступающие места на обрабатываемой поверхности опиливают, периодически проверяя угол угольником, а отклонение от плоскости и прямолинейности — лекальной линейкой. Если при этом наблюдается равномерный просвет между проверяемой поверхностью и лекальной линейкой, проверяемым углом и ребром угольника, то работа по обеспечению точности обработки считается выполненной, после чего на обработанную поверхность необходимо нанести напильником равномерные продольные штрихи.



Рис. 8.26. Контроль отклонения от перпендикулярности с помощью угольника

Последовательность опиливания поверхностей, расположенных под внутренним углом, такая же, как и поверхностей, расположенных под внешним углом, т.е. вначале обрабатывают базовую поверхность, затем по ней опиливают другую сопрягаемую поверхность. Особое внимание надо обращать на



тщательность обработки мест сопряжения внутренних плоскостей угла. При закреплении заготовки в тисках для предохранения уже обработанной боковой поверхности от повреждения следует обязательно пользоваться накладными нагубниками.

На рис. 8.27 цифры 1–8 указывают последовательность опилования угольника. Закрепив в тисках деревянный брусок и установив на нем заготовку так, как показано на рис. 8.28, опиляют широкие плоскости 1 и 2. Затем, надев на губки тисков накладные нагубники из мягкого металла, опиляют наружные ребра 3 и 4 угольника под углом  $90^\circ$ , выдерживая прямой угол между ребрами и широкими плоскостями 1 и 2.

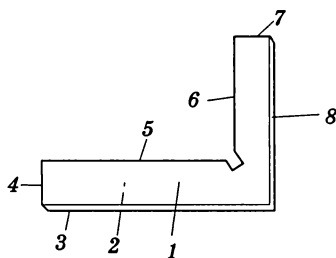


Рис. 8.27. Последовательность опилования сторон плоского угольника с углом  $90^\circ$

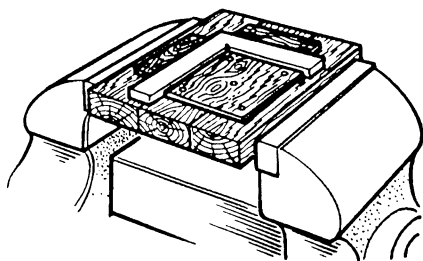


Рис. 8.28. Закрепление угольника на деревянном бруске в тисках

Перед началом обработки внутренних ребер в вершине внутреннего угла для удобства опилования делают пропил (разрез ножовкой) шириной 1 мм. При опиловании внутренних ребер 5 и 6 необходимо обеспечить параллельность сторон 3 и 5, а также 4 и 6. Последними обрабатывают торец 7 и ребро 8, обеспечивая заданные размеры угольника и прямые углы между всеми ребрами и широкими сторонами.

По окончании опилования производят отделку поверхностей угольника, используя шлифовальную шкурку, наложенную на напильник (рис. 8.29).



Рис. 8.29. Напильник со шкуркой перед отделкой после опилования

Криволинейные поверхности разделяются на выпуклые и вогнутые; они могут находиться как на плоских деталях типа шаблонов, так и на фасонных деталях.

Прежде чем приступить к опилованию криволинейной поверхности, следует разметить заготовку, удалить лишний металл путем вырезания ножовкой (рис. 8.30, а, 1), срубания зубилом или высверливания с последующим вырубанием.

Выпуклые криволинейные поверхности обрабатывают двумя способами: *раскачиванием напильника* или *удвоением числа сторон*. В первом случае (рис. 8.30, б, в) напильник перемещают вдоль обрабатываемой поверхности. Сначала он носком касается заготовки, ручка поднята. По мере продвижения хвостовая часть опускается — напильник наклоняется на себя.

Опиливание путем удвоения числа сторон (рис. 8.30, а, 2) выполняется в поперечном направлении. Запиливают ряд

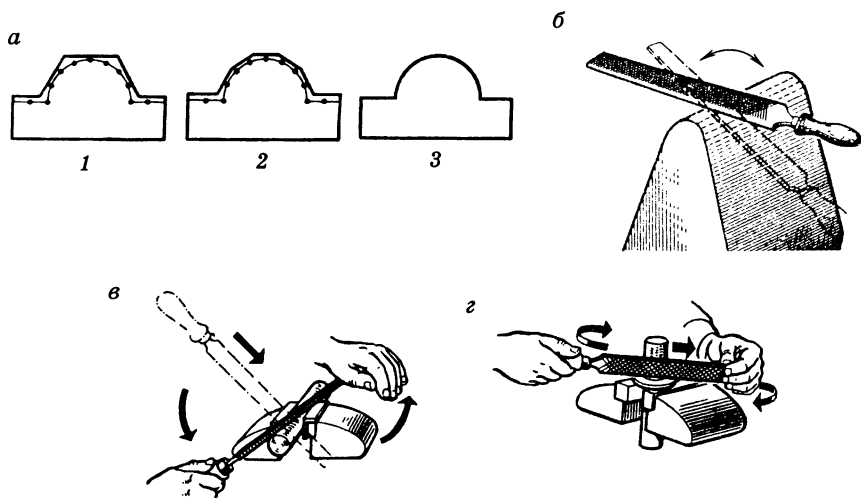


Рис. 8.30. Приемы опилования наружных криволинейных и цилиндрических поверхностей:

а — последовательность обработки (1 — срезание лишнего металла ножовкой; 2 — опилование путем удвоения числа сторон; 3 — окончательное опилование); б — опилование выпуклой поверхности (носки молотка); в — опилование стержня, закрепленного горизонтально; г — опилование стержня, закрепленного вертикально

площадок. Удваивая число сторон получающейся ломаной, постепенно приближаются к криволинейной поверхности (рис. 8.30, *а, з*).

Контроль выпуклой поверхности производят шаблоном, штангенциркулем и другим инструментом.

Приемы опилования наружных криволинейных и цилиндрических поверхностей показаны на рис. 8.30, *б-г*.

Опиливание вогнутых криволинейных поверхностей начинают с разметки на заготовке контура детали. Большую часть металла можно удалить ножовкой, придав впадине заготовки форму треугольника (рис. 8.31, *а*). Затем полукруглыми (рис. 8.31, *б*) или круглыми (рис. 8.31, *в*) напильниками спиливают лишний металл до нанесенной разметочной риски. Профиль сечения круглого или полукруглого напильника выбирают таким, чтобы его радиус был меньше радиуса опилюваемой поверхности. Опиленную поверхность контролируют с помощью шаблона (рис. 8.32).

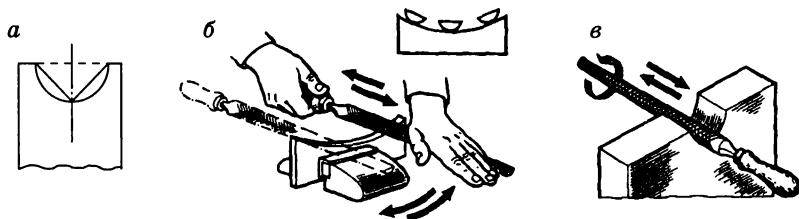


Рис. 8.31. Приемы обработки вогнутой криволинейной поверхности: *а* — вырезание лишнего металла ножовкой; *б* — опилование полукруглым напильником; *в* — опилование круглым напильником

При опиливании сочетают два движения напильника — прямолинейное и вращательное, т.е. каждое движение напильника вперед сопровождается небольшим поворотом его правой рукой на  $1/4$  оборота по ходу часовой стрелки и против хода.

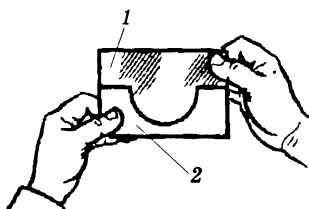


Рис. 8.32. Контроль опиленной поверхности: *1* — шаблон; *2* — деталь

## 8.6. Механизация опиловочных работ

Ручное опилование — весьма трудоемкая и утомительная операция, поэтому оно все шире заменяется более производительными способами, такими как механизированное опилование с помощью электрических и пневматических опиловочных машинок, а также опиловочных станков.

Для опилования плоских поверхностей применяют *механический напильник* (рис. 8.33). В этом напильнике при вращении наконечника 1 от гибкого вала через первичную передачу получает вращение эксцентрик 3, сообщающий обратно-поступательное движение плунжеру 2, к которому крепится напильник.

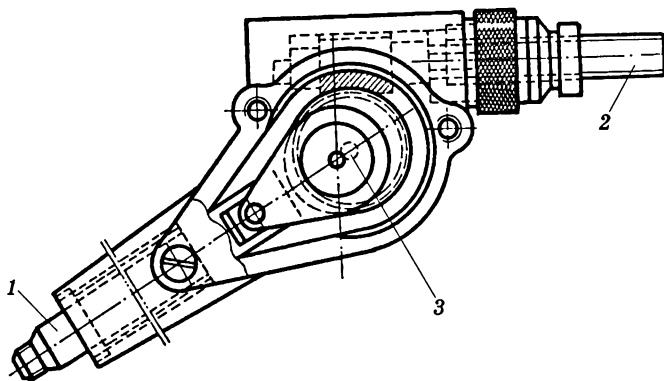


Рис. 8.33. Механический напильник:  
1 — наконечник; 2 — плунжер; 3 — эксцентрик

*Механизированные опиловочные машинки* с вращающимися машинными борнапильниками применяют для обработки фасонных поверхностей деталей. Универсальная опиловочно-шлифовальная машинка с гибким валом и опиловочной головкой, работающая от электродвигателя 1 (рис. 8.34, а), имеет шпиндель, к которому крепят гибкий вал 2 с державкой 3 для закрепления рабочего инструмента. Машинка имеет сменные прямые и угловые головки, которые позволяют производить

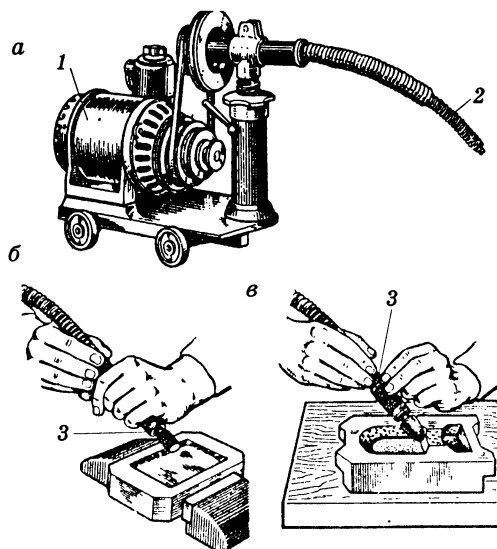


Рис. 8.34. Универсальная опилочочно-шлифовальная машинка:  
 а — общий вид; б, в — приемы работы; 1 — электродвигатель;  
 2 — гибкий вал; 3 — державка

опиливание в труднодоступных местах и под разными углами. Приемы опиливания с помощью этой машинки показаны на рис. 8.34, б, в.

Применение опилочочных машинок увеличивает производительность работ в 5–10 раз.

Для механизации опиливания применяют *опилочочные станки*, которые бывают двух типов: с возвратно-поступательным и вращательным движением. На станках первого типа используют машинные напильники различного профиля с крупной и мелкой насечкой.

*Стационарный опилочочный станок* (рис. 8.35) имеет станину 1, на которой закреплена стойка 4 с нижним 3 и верхним 5 кронштейнами и штоком 6. Ступенчатые шкивы ременной передачи 2 позволяют регулировать скорость движения напильника. Обрабатываемую деталь 8 закрепляют на поворотном столе 9. Установку стола на нужный угол достигают с помощью винта 10. Хвостовик напильника 7 закрепляют винтом 12 в верхнем кронштейне 5, после чего кронштейн опускают. При

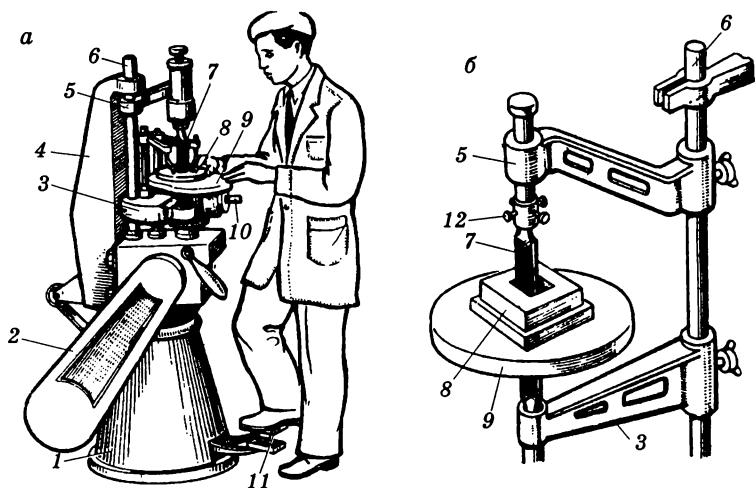


Рис. 8.35. Стационарный опилоочный станок:

*a* — общий вид; *б* — схема работы; 1 — станина; 2 — ременная передача; 3 — нижний кронштейн; 4 — стойка; 5 — верхний кронштейн; 6 — шток; 7 — хвостовик напильника; 8 — обрабатываемая деталь; 9 — поворотный стол; 10, 12 — винты; 11 — педаль

этом нижний конец напильника должен войти в конусное углубление нижнего кронштейна 3.

При обработке деталей, не требующих высокой точности, применяют стационарный опилоочный станок. Он увеличивает производительность труда в 4–5 раз по сравнению с ручной обработкой.

Станки с вращательным движением инструмента особенно удобны для изготовления деталей штампов, пресс-форм и т.д. Они бывают стационарные и переносные.

На рис. 8.36 показан опилоочный станок с бесконечной лентой.

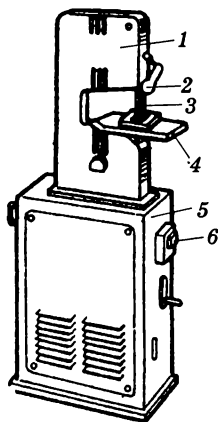


Рис. 8.36. Опилоочный станок с бесконечной лентой:

1 — верхний кронштейн; 2 — лампа; 3 — бесконечная лента; 4 — стол; 5 — основание; 6 — кнопка включения

электродвигатель, редуктор и приводной шкив опиловочной ленты, а натяжной шкив помещается в верхнем кронштейне 1. Опиловочная бесконечная лента имеет ширину от 6 до 12 мм и перемещается со скоростью 25...54 м/с. Для опилования поверхности деталь устанавливают на стол и прижимают к ленте 3. Станок включают кнопкой 6.

## **Брак при опиливании. Организация 8.7. рабочего места и безопасность труда**

К наиболее часто встречающимся видам брака при опиливании относятся неровности поверхности и завалы краев заготовки. Эти дефекты — результат отсутствия навыков опилования. Брак получается также вследствие слабого или чрезмерно сильного зажима в тисках опиливаемой заготовки. При этом на ее поверхности появляются вмятины.

Распространенный вид брака — неточность размеров вследствие неправильной разметки, снятия очень большого или малого слоя металла, а также неправильности измерения или неточности измерительного инструмента.

При опиливании необходимо надежно зажимать изделие в тисках, так как в противном случае соскочившая деталь может поранить руки рабочего.

Ручка напильника должна быть прочно насажена на хвостовик во избежание ранения рук. Нельзя пользоваться напильниками без ручек или с неисправными ручками (расколотыми либо без насадных колец). Очищать напильник от стружки следует только механической щеткой или скребком.

Стружку нельзя сбрасывать руками, сдвухивать, иначе возможны ранения рук, засорение глаз. Стружка удаляется волосяными щетками-сметками. Чтобы стружка не попадала в волосы, работать надо в головном уборе.

Большое значение при опиливании имеет правильная организация рабочего места. Тиски необходимо устанавливать в соответствии с ростом рабочего. На верстаке не должно быть ничего лишнего. Напильники следует укладывать на подстав-

ке справа от тисков, контрольно-измерительный инструмент — в футляры за тисками. После окончания работы инструмент, тиски и верстак очищают и протирают. Рабочие части контрольно-измерительного инструмента смазывают техническим вазелином.

### Вопросы и задания для самоконтроля

1. Каковы назначение и суть опилования?
2. Как устроен напильник?
3. Расскажите о применении напильников по номеру их насечки.
4. Как классифицируются напильники в зависимости от формы бруска?
5. Классифицируйте напильники по их назначению.
6. Какими способами получают насечку напильника?
7. Какими геометрическими параметрами характеризуется зуб напильника?
8. С какой точностью можно опилить деталь драчевым, личным и бархатным напильниками?
9. Какие типы ручек используют для напильников и надфилей?
10. Назовите виды опилования плоских и криволинейных поверхностей.
11. Каковы правила выбора напильника для опилования?
12. Назовите способы отделки поверхностей после опилования.
13. В какой последовательности опиливают плоские сопряженные поверхности?
14. Какие устройства используют для механизации процесса опилования?
15. Назовите способы и средства контроля поверхностей после опилования.
16. Какие дефекты могут возникнуть при опиловании? Их причины.
17. Какие требования предъявляют к организации рабочего места при опиловании?
18. Какие правила безопасности необходимо соблюдать при опиловании?



### 9.1. Суть сверления. Сверла

---

*Сверление* — это процесс образования отверстий в сплошном материале с помощью сверла. Увеличение размера отверстия, полученного сверлением, ковкой, штамповкой или другим способом, называется *рассверливанием*.

Инструментом для сверления и рассверливания являются сверла различных типов и размеров. При сверлении сверло получает движение двух видов: главное (вращательное) и движение подачи (поступательное перемещение в осевом направлении). Каждая точка сверла движется при этом по винтовой линии.

Сверление применяется для получения:

- неответственных отверстий под крепежные болты, заклепки, шпильки и т.д.;
- отверстий под внутреннюю резьбу, зенкерование и развертывание.

Сверлением и рассверливанием получают отверстия 10–12-го классов точности и шероховатость поверхности  $\sqrt{Rz\ 320} \dots \sqrt{Rz\ 80}$ .

Для сверления отверстий чаще всего применяют спиральные сверла.

*Спиральное сверло* (рис. 9.1, а, б) состоит из рабочей части и хвостовика. Сверла диаметром до 20 мм изготавливают с цилиндрическим хвостовиком, который иногда снабжают поводком. Сверла диаметром более 6 мм изготавливают с коническим хвостовиком, который образуется конусом Морзе. Конусы Морзе различаются по номерам; для сверл применяют конусы № 1, 2, 3, 4, 5, 6. Между рабочей частью и хвостовиком сверла находится шейка. На ней маркируются диаметр и материал сверла.

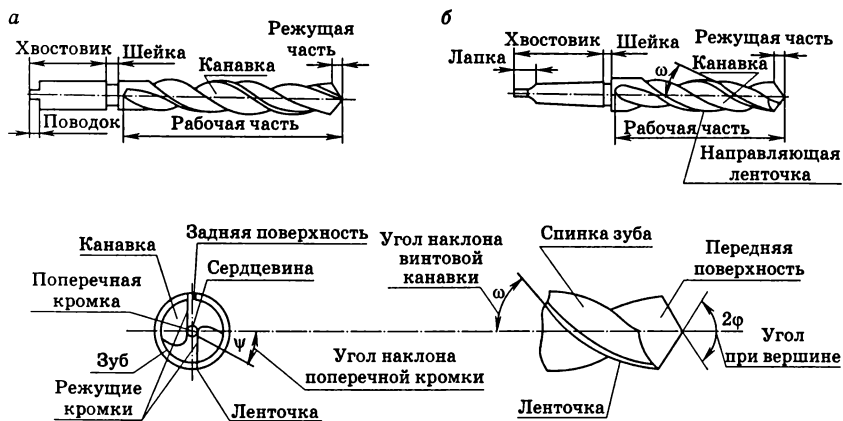


Рис. 9.1. Спиральные сверла:

*a* — с цилиндрическим хвостовиком; *б* — с коническим хвостовиком;  
*в* — элементы сверла

Рабочая часть сверла состоит из направляющей (калибрующей) и режущей частей. На рабочей части имеются две винтовые канавки, две спинки и две направляющие (калибрующие) ленточки. Винтовые канавки, служащие для удаления стружки при сверлении и для образования режущих элементов, в зависимости от вида обрабатываемого материала имеют различный наклон к оси сверла. Так, при сверлении стали пользуются сверлами с углом наклона винтовой канавки  $\omega = 26 \dots 30^\circ$ , для сверления хрупких материалов — сверлами с  $\omega = 22 \dots 25^\circ$ , а для сверления легких и вязких сплавов — с  $\omega = 40 \dots 45^\circ$ . Направление винтовых канавок у спиральных сверл может быть правое и левое. Сверла второго типа применяются реже.

Расположенные вдоль винтовых канавок направляющие ленточки служат для уменьшения трения сверла о стенки отверстия, направляют сверло в отверстие. Уменьшение трения сверла о стенки просверливаемого отверстия достигается также благодаря тому, что рабочая часть сверла имеет обратный конус, т.е. диаметр сверла у режущей части больше, чем у хвостовика. Разность этих диаметров составляет  $0,03 \dots 0,12$  мм на каждые 100 мм длины сверла.

Режущая часть (рис. 9.1, *в*) имеет два зуба с режущими кромками, расположенными под углом  $2\phi$ .

Зуб сверла имеет спинку, представляющую собой углубленную часть наружной поверхности зуба, и заднюю поверхность. Поверхность канавки, воспринимающая давление стружки, называется передней поверхностью. Линия пересечения передней и задней поверхностей образует режущую кромку. Линия, образованная пересечением задних поверхностей, называется поперечной кромкой. Ее величина составляет 0,13 диаметра сверла. Режущие кромки соединяются между собой на сердцевине. Угол наклона поперечной кромки  $\psi$  составляет  $55^\circ$ .

Зуб сверла имеет форму клина с соответствующими углами  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  (рис. 9.2). Передний угол  $\gamma$  и задний угол  $\alpha$  сверла в каждой точке режущей кромки являются величинами переменными: у периферии  $\alpha = 8 \dots 14^\circ$ ,  $\gamma = 18 \dots 35^\circ$ , а у сердцевины  $\alpha = 20 \dots 25^\circ$ ,  $\gamma$  приближается к нулю. Это обеспечивает постоянный угол заострения.

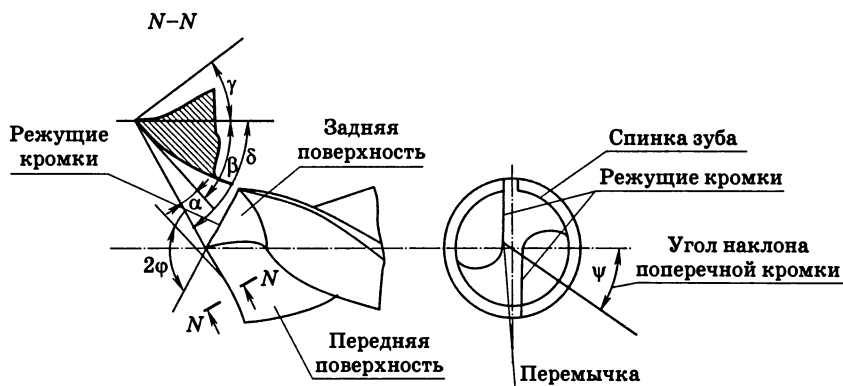


Рис. 9.2. Геометрические параметры режущей части спирального сверла

Для геометрии сверла выполняется равенство  $\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ$ .

Спиральные сверла изготавливают из инструментальной углеродистой стали марок У10А и У12А или легированной инструментальной стали марок 9ХС и Р6М5. При сверлении чугуна применяют сверла, оснащенные пластинами из твердых сплавов ВК8, Т15К12, Т15К6.

Существуют и другие разновидности сверл: перовое, центровочное, ружейное, для глубокого сверления, для кольцевого сверления, комбинированное и т.д.

**Перовое сверло** (рис. 9.3) имеет форму лопатки с хвостовиком. Его режущая часть имеет треугольную форму с углом при вершине  $2\phi = 118 \dots 120^\circ$  и задним углом  $\alpha = 10 \dots 20^\circ$ . Такие сверла применяют для сверления неответственных отверстий диаметром до 25 мм в твердых поковках, отливках, а также ступенчатых отверстий. Сверление выполняют трещотками и ручными дрелями. Изготавливают перовые сверла из инструментальных сталей марок У10, У12, У10А, У12А, а чаще — из быстрорежущей стали Р6М5. Перовые сверла не допускают высоких скоростей резания и непригодны для сверления больших отверстий, так как стружка из отверстия не удаляется, а вращается вместе со сверлом и царапает поверхность отверстия. В процессе работы сверло быстро затупляется и уходит в сторону от оси отверстия.

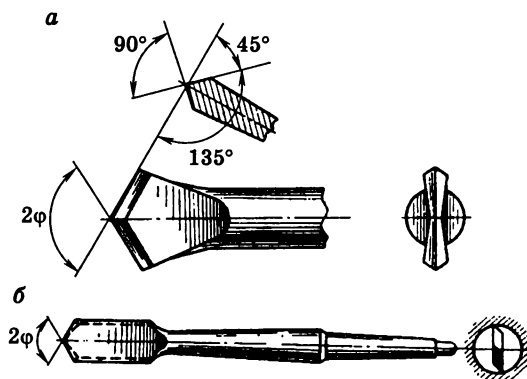


Рис. 9.3. Перовые сверла:  
а — двустороннее; б — одностороннее

**Комбинированные сверла**, например сверло-сверло (рис. 9.4, а), сверло-развертка (рис. 9.4, б), сверло-зенковка, сверло-метчик, применяют для одновременного сверления и расверливания, сверления и развертывания, сверления и зенкования, сверления и нарезания внутренней резьбы.

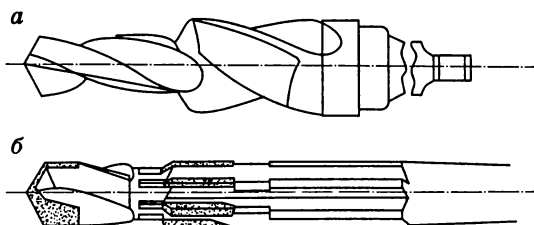


Рис. 9.4. Комбинированные сверла:  
а — сверло-сверло; б — сверло-развертка

Сверла с отверстиями для подвода охлаждающей жидкости к режущим кромкам (рис. 9.5) применяют при сверлении глубоких отверстий. Охлаждающая жидкость подается под давлением 1...2 МПа, обеспечивает охлаждение режущих кромок и облегчает удаление стружки. Такое сверло закрепляют в специальном патроне, обеспечивающем подвод охлаждающей жидкости к отверстию в хвостовой части сверла. Сверление выполняется на специальных станках. Стойкость данного сверла возрастает в пять раз даже при увеличенных режимах резания.



Рис. 9.5. Сверло с отверстиями для подвода охлаждающей жидкости

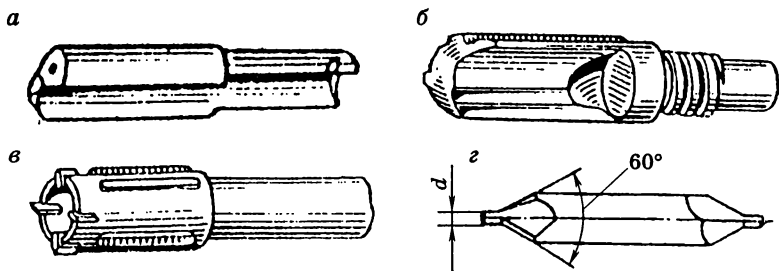


Рис. 9.6. Разновидности сверл:  
а — ружейное; б — для глубокого сверления с внутренним отводом стружки; в — для кольцевого сверления; г — центровочное сверло

На рис. 9.6 показаны ружейное сверло, сверло для глубокого сверления, сверло для кольцевого сверления и центровочное сверло.

## 9.2. Оборудование для ручного и механизированного сверления

Для ручного сверления применяют трещотки, коловороты, ручные механические дрели, пневматические и электрические дрели.

**Трещотка** (рис. 9.7, а) состоит из скобы 1, верхнего упора 2, гайки 3 для нажима на сверло, рукоятки 4, шпинделя 5, вала 6 с неподвижно сидящим на нем храповым колесом-трещоткой 7, собачки 8 и сверла 9. При повороте рукоятки по направлению, указанному штриховой стрелкой, собачка скользит по зубьям колеса 7, а при вращении рукоятки по направлению сплошной стрелки входит в паз храповика и вращает его и связанный с ним шпиндель. Для подачи сверла после каждого хода рукоятки поджимают гайку 3.

Работа трещоткой производится следующим образом. Рукояткой вращают шпиндель на  $1/4$  оборота, а затем отводят ее назад. Для облегчения усилия рукоятку делают длиной 300...400 мм. Темп работы трещоткой составляет 6...8 оборотов сверла в минуту. Величина подачи на один оборот сверла — около 0,1 мм. Трещотка применяется для сверления отверстий большого диаметра, а также сверления в труднодоступных местах.

Устройство **коловорота** показано на рис. 9.7, б. Усилие подачи осуществляется нажатием руки на опорную подушку 1. Вращательное движение сверло получает за счет вращения рукоятки 2 коловорота вокруг оси сверла.

**Ручная механическая дрель** (рис. 9.8) применяется для сверления отверстий диаметром до 10 мм и представляет собой зубчатый механизм, передающий вращательное движение рукоятки 5 на шпиндель 1 с закрепленным на нем сверлом.

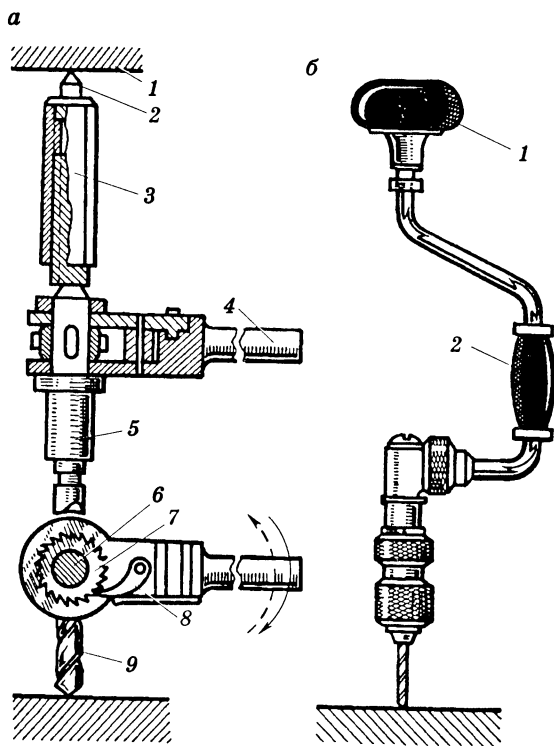


Рис. 9.7. Устройства для ручного сверления:

*a* — трещотка (1 — скоба; 2 — верхний упор; 3 — гайка; 4 — рукоятка; 5 — шпиндель; 6 — вал; 7 — храповое колесо; 8 — собачка; 9 — сверло);  
*б* — коловорот (1 — опорная подушка; 2 — рукоятка)

При сверлении ручную дрель держат левой рукой за неподвижную рукоятку, правой рукой — за рукоятку вращения, а грудью упираются в нагрудник 4. Рукоятку надо вращать плавно, без рывков. Сверло должно быть жестко закреплено перпендикулярно к поверхности заготовки, иначе оно может сломаться. При выходе сверла из обрабатываемой заготовки в конце сверления надо ослабить нажим и уменьшить частоту вращения рукоятки. При выводе сверла из просверленного отверстия надо продолжать его вращение. Для изменения режимов резания рукоятку устанавливают на вал 2 (показано штриховыми линиями).

Приемы сверления ручной механической дрелью приведены на рис. 9.9, а-в.

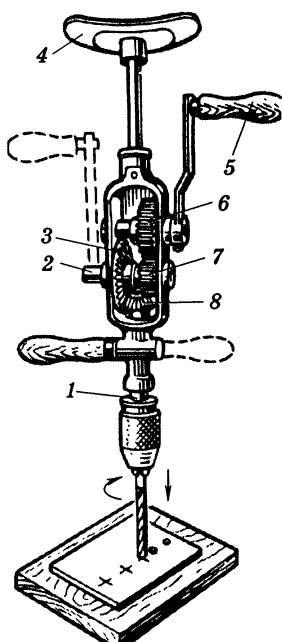


Рис. 9.8. Ручная механическая дрель:

- 1 — шпиндель с патроном; 2 — вал;  
3, 6, 7, 8 — зубчатые колеса;  
4 — упор-нагрудник; 5 — рукоятка

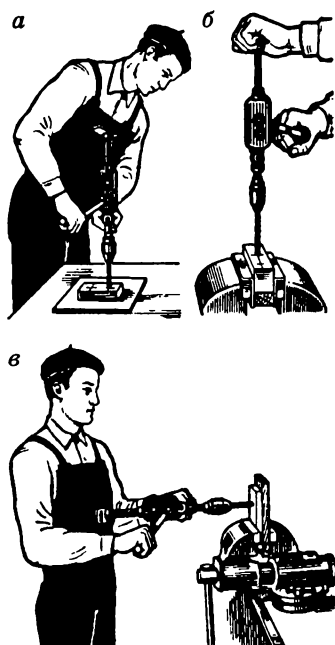


Рис. 9.9. Приемы сверления ручной механической дрелью:  
а — на подставке;  
б, в — в тисках

**Ручные электрические дрели** (машины) применяют при сборочных, монтажных и ремонтных работах, для сверления, зенкерования и развертывания отверстий. Они бывают легкого (рис. 9.10, а), среднего (рис. 9.10, б) и тяжелого (рис. 9.10, в) типов.

Ручными электродрелями легкого типа сверлят отверстия диаметром до 10 мм; среднего — до 15 мм; тяжелого — до 30 мм. Ручные сверлильные электродрели независимо от типа и мощности состоят из четырех основных частей: электродвигателя



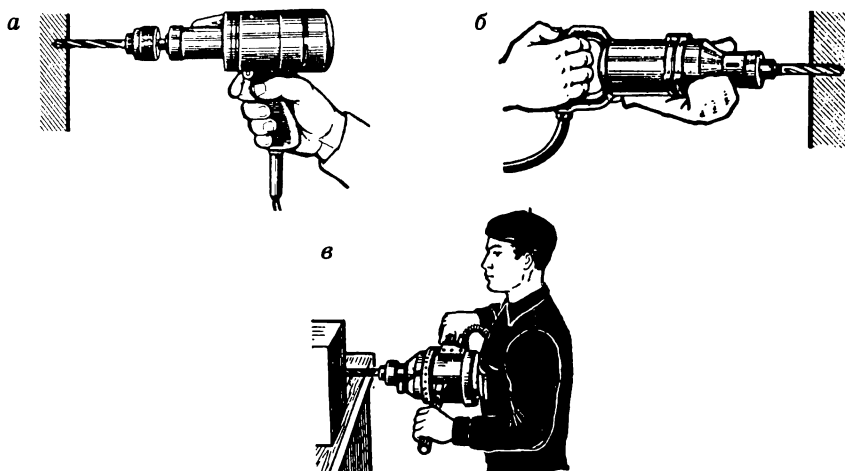


Рис. 9.10. Ручные электрические дрели:  
а — легкая; б — средняя; в — тяжелая

с рабочим напряжением 220 и 36 В, зубчатой передачи, шпинделя и корпуса, выполненного в зависимости от типа в виде пистолета или замкнутой рукоятки.

По конструктивному исполнению ручные электродрели изготавливают прямыми (см. рис. 9.10) и угловыми (рис. 9.11). Угловые электродрели применяют для сверления отверстий в труднодоступных местах.

По направлению вращения электродрели изготавливают с односторонним направлением и реверсивные.

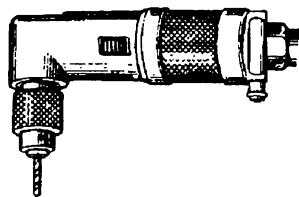
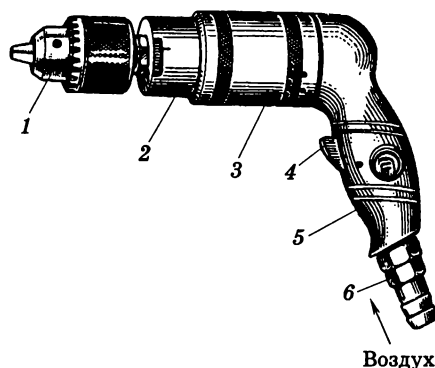


Рис. 9.11. Ручная электрическая угловая дрель

**Ручные пневматические дрели** имеют небольшие размеры и массу. Они работают под действием сжатого воздуха при давлении 0,5...0,6 МПа и позволяют сверлить, зенкеровать и развертывать отверстия диаметром до 75 мм, а также нарезать резьбу в отверстиях.

На рис. 9.12 показана ручная пневматическая дрель Д-2. Она имеет пневмодвигатель роторного типа. Ротор пневмодвигателя расположен в статоре эксцентрично. Сжатый воздух

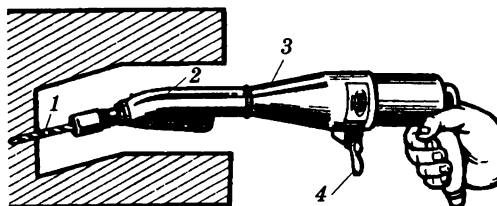


*Рис. 9.12.* Ручная пневматическая дрель Д-2:

1 — трехкулачковый патрон; 2 — корпус шпинделя; 3 — корпус пневмодвигателя; 4 — курок; 5 — рукоятка; 6 — шутицер

поступает в камеру между ротором и статором и давит на рабочие лопатки ротора, заставляя его вращаться с частотой 2500 об/мин.

Для сверления отверстий в неудобных местах используют угловые насадки. Пневматическая дрель РС-8 (рис. 9.13) имеет насадку, расположенную под углом 20°. Корпус 3 этой насадки закрепляют на машине барашком 4. В трубке 2 насадки размещен шарнирный вал, который вращает цанговую оправку со сверлом 1.



*Рис. 9.13.* Пневматическая дрель РС-8 с угловой насадкой:

1 — сверло; 2 — трубка; 3 — корпус; 4 — барашек

Для удобства работы с электрическими и пневматическими дрелями применяют специальные устройства для их крепления и подвешивания. Для этого можно использовать сверлильную установку (рис. 9.14) или подвешивать дрель на пружине (рис. 9.15, а) или тросе с противовесом (рис. 9.15, б, в).

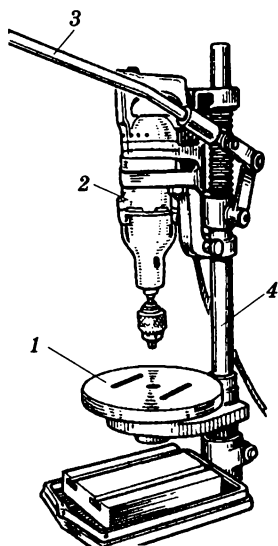


Рис. 9.14. Сверлильная установка для электродрели:  
1 — стол; 2 — электродрель; 3 — рычаг подачи сверла при сверлении;  
4 — стойка

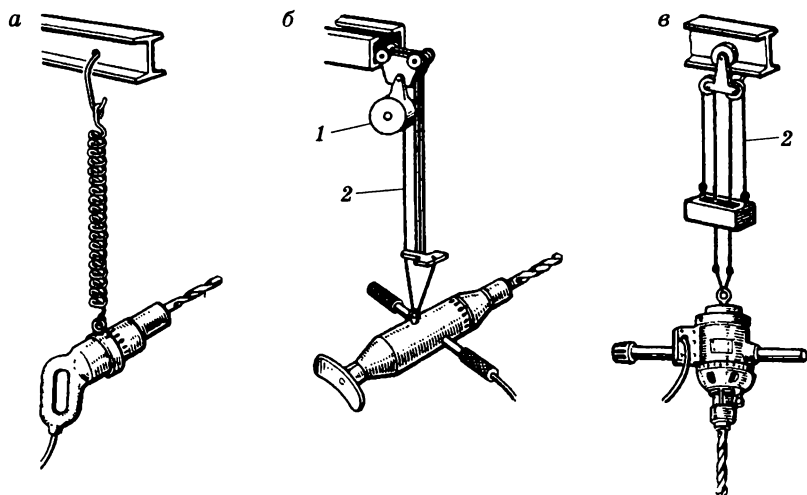


Рис. 9.15. Подвеска пневматических и электрических дрелей:  
а — на пружине; б, в — на тросе с противовесом; 1 — корпус; 2 — трос

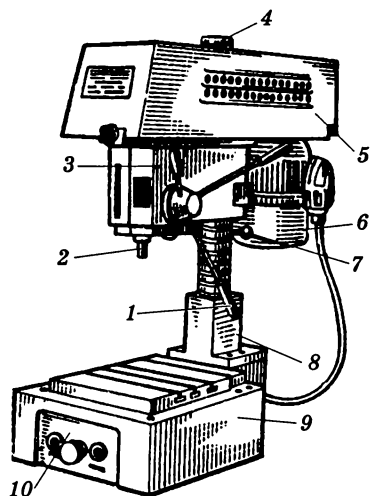
Более качественное сверление отверстий обеспечивается на *сверлильных станках*. Они делятся на три группы: универсальные (общего назначения), специализированные и специальные. К универсальным относятся вертикально-сверлильные и радиально-сверлильные станки. У вертикально-сверлильных станков шпиндель расположен вертикально.

Одной из разновидностей вертикально-сверлильных станков являются *настольные вертикально-сверлильные станки*. Они используются для сверления в мелких деталях отверстий диаметром до 12 мм. Удобство применения этих станков состоит в том, что они могут быть установлены с помощью болтов на слесарных верстаках, в непосредственной близости от рабочего места слесаря.

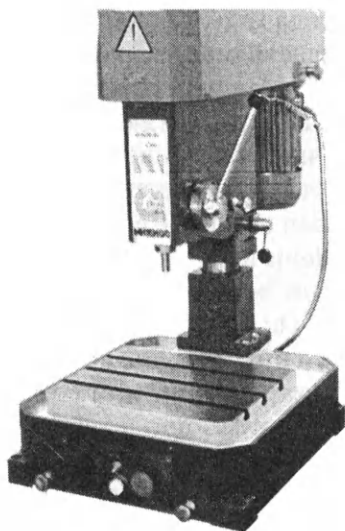
Взаимодействие основных узлов и деталей настольного вертикально-сверлильного станка модели 2М112 показано на рис. 9.16. На плите 9 укреплен в кронштейне 8 колонна 4, по которой может перемещаться вверх и вниз шпиндельная бабка 3. В ее корпусе смонтирован шпиндельный узел со шпинделем 2. Перемещение шпиндельной бабки по колонне осуществляется рукояткой 7. Асинхронный электродвигатель 6 крепится к шпиндельной бабке с помощью подмоторной плиты. Вращение передается шпинделю от электродвигателя через клиноременную передачу (располагается под кожухом). Подача шпинделя осуществляется вращением штурвала (рукоятки ручной подачи) 1. На передней панели плиты 9 имеется кнопочная станция 10 с надписями «Влево», «Стоп», «Вправо». Для изменения частоты вращения шпинделя надо переустановить ремень на ступенчатых шкивах ременной передачи.

На рис. 9.17 показан наиболее современный настольно-сверлильный станок модели МН16Н, предназначенный для сверления, рассверливания, зенкерования и зенкования отверстий диаметром до 16 мм. Он эффективно используется в единичном, мелкосерийном и крупносерийном производствах и имеет лучшие технические характеристики по сравнению с другими моделями станков данного типа.

*Вертикально-сверлильные станки* применяют для сверления отверстий диаметром до 75 мм. Они могут обеспечивать также операции рассверливания, зенкерования, развертывания и нарезания внутренней резьбы.



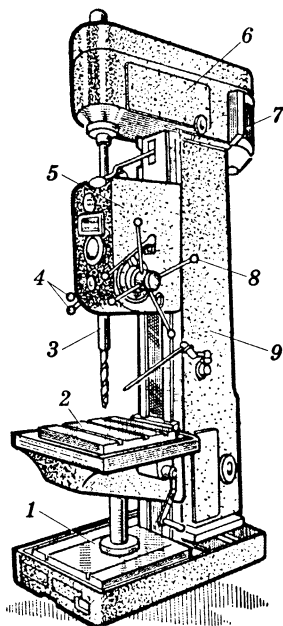
**Рис. 9.16.** Настольный вертикально-сверлильный станок 2М112:  
 1 — рукоятка ручной подачи; 2 — шпиндель; 3 — шпиндельная бабка;  
 4 — колонна; 5 — кожух; 6 — электродвигатель; 7 — рукоятка подъема  
 шпиндельной бабки и шпинделя; 8 — кронштейн; 9 — плита; 10 — кно-  
 почная станция



**Рис. 9.17.** Настольно-сверлильный станок МН16Н

Универсальные вертикально-сверлильные станки (рис. 9.18) имеют коробку подач 5 и шпиндельную головку 6, внутри которой смонтирована коробка скоростей. Станина 9, на которой монтируются узлы станка, через фундаментную плиту 1 крепится к фундаменту. Подъемный стол (консоль) 2, служащий для крепления обрабатываемых деталей, может перемещаться по вертикальным направляющим станины. Механизм станка приводится в движение индивидуальным электродвигателем 7. Шпиндель 3 получает осевое перемещение от коробки подач и может перемещаться также вручную штурвалом 8. Переключение скоростей шпинделя производится рукоятками переключения 4.

Во вспомогательных и основных цехах машиностроительных заводов используют вертикально-сверлильные станки моделей 2А125, 2Н135 и других более современных моделей,



*Рис. 9.18. Универсальный вертикально-сверлильный станок:*  
1 — плита; 2 — подъемный стол; 3 — шпиндель; 4 — рукоятка переключателя скоростей; 5 — коробка подач; 6 — шпиндельная головка с коробкой скоростей; 7 — электродвигатель; 8 — штурвал (рукоятка ручной подачи); 9 — станина

например 2Р135Ф2 (вертикально-сверлильный станок с числовым программным управлением) и МН25Н (рис. 9.19). Станок модели МН25Н используется как в единичном и серийном производствах, так и в массовом. Он оснащен различными дополнительными устройствами и приспособлениями, имеет широкий диапазон скоростей и подач. Обработка на станке производится как с ручной, так и с механической подачей шпинделя. На станке допускается нарезание внутренних резьб при ручном управлении шпинделем. Для быстрой остановки шпинделя используется схема электродинамического торможения.

*Радиально-сверлильные станки* применяются для сверления отверстий в крупных деталях, перемещение которых к шпинделю станка затруднено. На радиально-сверлильном станке модели 2Н55 можно выполнять сверление, рассверливание, зенкерование, развертывание, растачивание отверстий, нарезание резьбы метчиками и другие операции. Этот станок имеет следующую конструкцию (рис. 9.20). На фундаментной плите 1 установлена тумба 2 с неподвижной колонной 3, на которую надета гильза 4. Гильза может поворачиваться вокруг колонны на  $360^\circ$ , что позволяет обрабатывать отверстия в любом месте детали без ее перемещения. На гильзе смонтирована траверса 6 с горизонтальными направляющими, по которым может перемещаться шпиндельная головка 5. Внутри шпиндельной головки размещены коробка скоростей, коробка подач и узел шпинделя 7. На передней панели головки расположены органы управления. Обрабатываемые заготовки устанавливаются на приставном столе или непосредственно на верхней плоскости фундаментной плиты. Шпиндель 7 со шпиндельной головкой может переме-

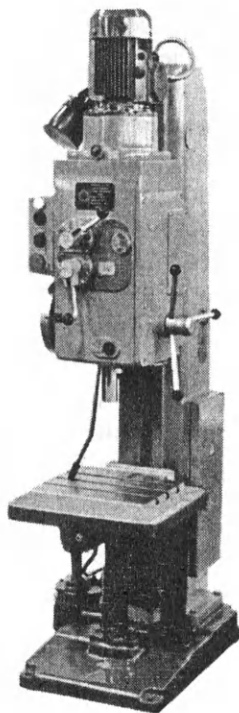


Рис. 9.19. Вертикально-сверлильный станок МН25Н

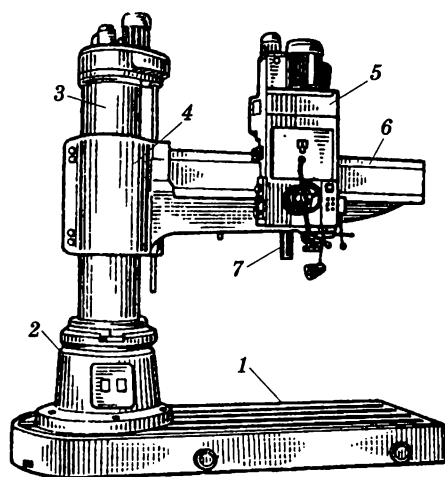


Рис. 9.20. Радиально-сверлильный станок 2Н55:

1 — фундаментная плита; 2 — тумба; 3 — неподвижная колонна; 4 — гильза; 5 — шпиндельная головка; 6 — траверса; 7 — шпиндель

щаться в горизонтальном направлении, а вместе с траверсой 6 и гильзой 4 поворачивается вокруг оси неподвижной колонны. Эти два движения позволяют устанавливать режущий инструмент по любым координатам. Вертикальное перемещение гильзы 4 по колонне механическое с автоматическим отжимом и зажимом в конце хода. Шпиндельная головка имеет механизм автоматического выключения подачи, срабатывающий при достижении необходимой глубины сверления. Станок снабжен системой предохранительных устройств, исключающих возможность его поломки при перегрузках.

На рис. 9.21 показана принципиальная схема радиально-сверлильного станка модели ГС545, который широко применяется на предприятиях машиностроительного профиля. Конструкция станка позволяет поворачивать шпиндельную головку на угол  $\pm 45^\circ$ , а также вести обработку отверстий, расположенных ниже уровня «плиты». В станке имеется устройство подачи СОТС в зону резания.

Каждую модель станка обозначают тремя или четырьмя цифрами, иногда с добавлением букв. Первая цифра указывает группу станка (по принятой классификации все металлоре-



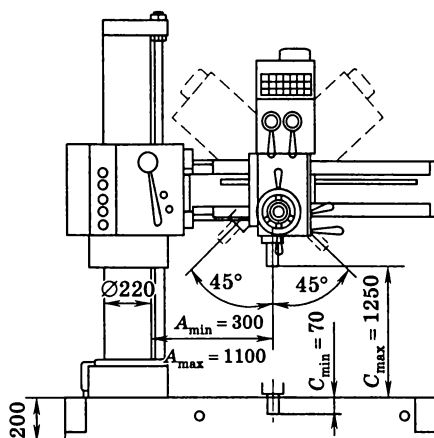


Рис. 9.21. Принципиальная схема радиально-сверлильного станка модели ГС545

жущие станки делятся на 10 групп), вторая — его тип. Две (или одна) последние цифры указывают основной параметр станка (для токарных станков — высоту центров, для сверлильных — максимальный диаметр сверления и т.д.). Буква между цифрами обозначает модернизацию станка, а буквы после всех цифр — модификацию (видоизменение) базовой модели станка или технологические и точностные особенности станка. Например, модель вертикально-сверлильного станка 2Н135 расшифровывается так: цифра 2 означает, что станок относится ко второй группе — сверлильной; Н — модернизированный; цифра 1 указывает на принадлежность станка к первому типу — вертикально-сверлильный; последние две цифры означают максимальный диаметр сверления — 35 мм.

## Установка и крепление деталей

### 9.3. при сверлении

Для правильной установки и закрепления деталей при сверлении применяются различные приспособления: машинные тиски, призмы, опоры, угольники, кондукторы, специальные приспособления и др.

**Машинные тиски** (рис. 9.22) наиболее часто используют для закрепления небольших деталей. Они могут быть поворотными и неповоротными. Их выпускают различных типов и размеров. *Винтовые машинные тиски* (рис. 9.22, а) применяются в единичном производстве и по своему устройству схожи с параллельными слесарными тисками.

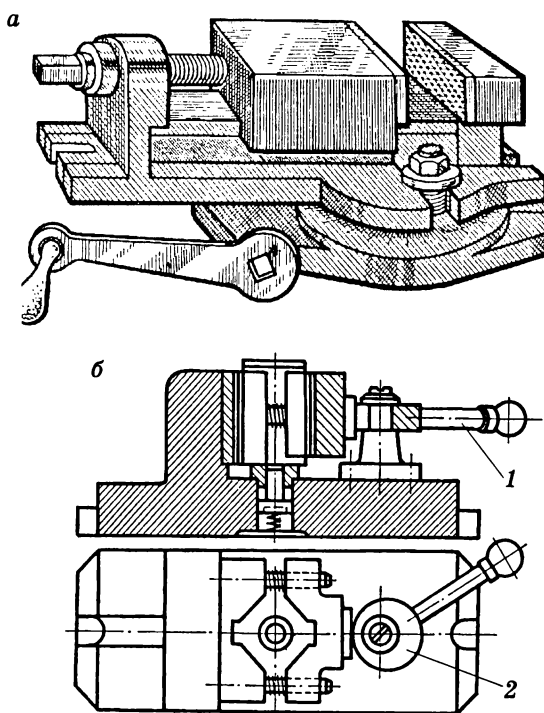


Рис. 9.22. Машинные тиски:  
а — винтовые; б — эксцентриковые  
(1 — рукоятка; 2 — эксцентрик)

Перед тем как установить деталь в тиски, тщательно протирают стол станка и смазывают маслом поверхность основания тисков, которая соприкасается со станком. Тиски устанавливают посередине стола, разводят губки на ширину зажимаемой детали, протирают губки, дно тисков и прижимные планки, а деталь устанавливают на подкладке и затем прижимают ее

к неподвижной губке. Планки выбирают по высоте так, чтобы обрабатываемая деталь выступала над поверхностью губок на 6...10 мм. Подкладки под детали должны иметь параллельные плоскости. После установки детали в тиски ее легкими ударами молотка осаживают, проверяют, насколько плотно она прижата, а затем окончательно зажимают.

*Эксцентрикковые машинные тиски* (рис. 9.22, б) отличаются от винтовых тем, что винтовая пара в них заменена эксцентриком 2 с рукояткой 1. Эксцентрикковые тиски сокращают время закрепления заготовки.

В серийном и массовом производствах для закрепления заготовок применяют пневматические, гидравлические и электромеханические тиски.

На рис. 9.23 показана конструкция *пневматических машинных тисков*. В пневматическом цилиндре 1 перемещается поршень 6, шток 4 которого соединен с разноплечим рычагом 3. Второе плечо этого рычага приводит в движение подвижную губку 2 тисков, которая получает перемещение, когда после поворота рукоятки 5 воздух из сети через обратный клапан поступает в пневматический цилиндр.

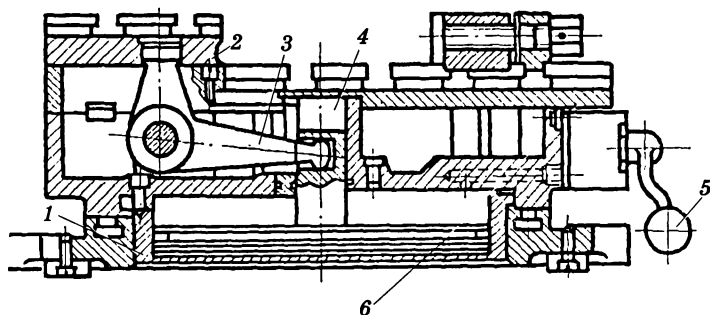


Рис. 9.23. Пневматические машинные тиски:

1 — пневматический цилиндр; 2 — подвижная губка; 3 — разноплечий рычаг; 4 — шток; 5 — рукоятка; 6 — поршень

Способы закрепления деталей при сверлении показаны на рис. 9.24. *Планки-прихваты* (рис. 9.24, а) для закрепления деталей непосредственно на столе сверлильного станка зажи-

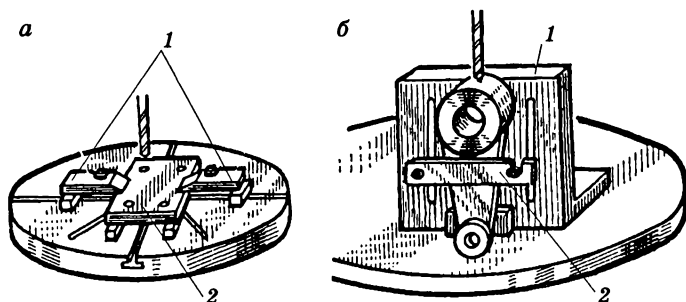


Рис. 9.24. Способы закрепления деталей при сверлении:  
 а — планками-прихватами (1 — планка-прихват; 2 — деталь);  
 б — в угольнике (1 — угольник; 2 — прижимная планка)

маются крепежными болтами, головки которых вставляются в Т-образные пазы, имеющиеся в столах сверлильных станков.

Для закрепления заготовок, которые неудобны для установки на столе станка или в тиски, применяют *угольники* (рис. 9.24, б). Они имеют обычно две точно обработанные полки: одну для установки на столе станка, другую для установки и крепления детали.

*Ступенчатые опоры* имеют определенное число ступеней. На рис. 9.25 показано одновременное использование двух призм 1, крепежного болта 2, ступенчатой опоры 3 и прихвата 4 для закрепления цилиндрической детали при ее сверлении.

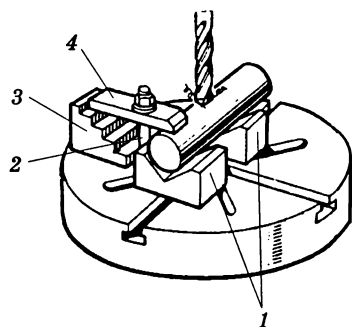


Рис. 9.25. Установка и закрепление валика с помощью ступенчатой опоры:

1 — призмы; 2 — крепежный болт; 3 — ступенчатая опора; 4 — прихват

При сверлении отверстий малого диаметра в мелких деталях можно использовать *ручные тиски* (рис. 9.26).

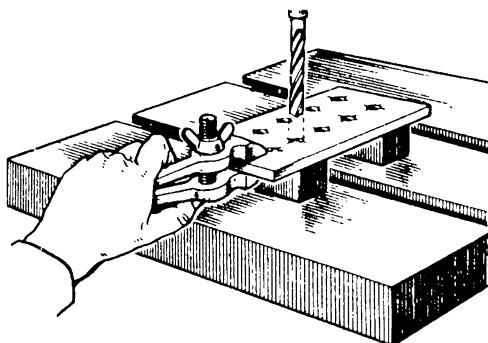


Рис. 9.26. Закрепление детали в ручных тисках при сверлении

При больших партиях одинаковых деталей, когда требуется высокая точность отверстия, сверление выполняют без разметки в *кондукторах*. Сверление в кондукторе значительно повышает производительность труда, поскольку исключается процесс разметки отверстия. В зависимости от формы деталей кондукторы бывают *закрытые (коробчатые)* и *накладные*.

На рис. 9.27, *а* показано сверление в кондукторе коробчатого типа. Обрабатываемую деталь 5 закладывают в кондуктор,

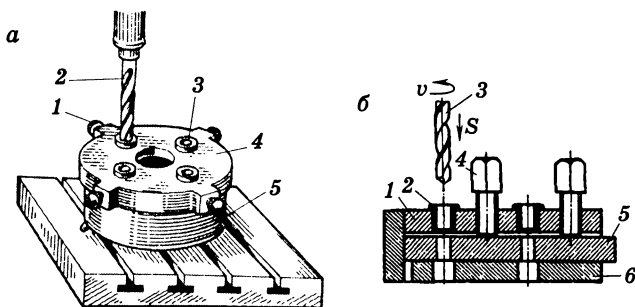


Рис. 9.27. Сверление в кондукторе:

*а* — коробчатого типа (1 — крепежные винты; 2 — сверло; 3 — направляющие кондукторные втулки; 4 — крышка; 5 — деталь); *б* — накладного типа (1 — крышка; 2 — кондукторная втулка; 3 — сверло; 4 — винты; 5 — деталь; 6 — основание)

закрывают крышкой 4 и зажимают винтами 1. Сверло 2 входит в направляющие втулки 3 и сверлит отверстия в детали.

На рис. 9.27, б показана конструкция накладного кондуктора. Обрабатываемую деталь 5 устанавливают на основание 6 кондуктора. Крышку 1 кондуктора накладывают на деталь и прижимают к ней винтами 4. Затем в кондукторную втулку 2 вводят сверло 3 и сверлят отверстие.

Сам кондуктор при сверлении можно удерживать руками либо зажимать в машинных тисках (в зависимости от диаметра просверливаемого отверстия).

В серийном производстве для сверления отверстий широкое использование находят *универсально-сборочные приспособления* (УСП). Приспособление состоит из отдельно нормализованных элементов: базовых, корпусных, установочных, направляющих, прижимных, крепежных и вспомогательных деталей, а также из нормализованных неразборных узлов.

На рис. 9.28 показано УСП для сверления деталей на сверлильном станке. Основанием УСП служит плита 1; на ней

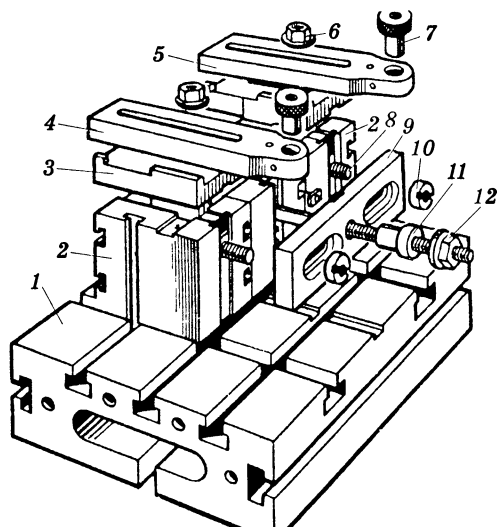


Рис. 9.28. Универсально-сборочное приспособление:

1 — плита основания; 2 — опоры; 3, 9 — планки; 4, 5 — кондукторные планки; 6, 10, 12 — гайки; 7 — кондукторные втулки; 8 — болты; 11 — втулка

крепят две опоры 2, на которых устанавливают направляющие планки 3 для кондукторных планок 4, 5, несущих кондукторные втулки 7. Гайками 6 прижимают опоры 2 и планки 3, 4, 5 к основанию 1. В планки 4 и 5 вставляют кондукторные втулки нужного размера. К боковой поверхности опоры 2 болтами 8 и гайками 10 присоединяют планку 9. В ее центральное отверстие входит втулка 11, наружная цилиндрическая поверхность которой используется для центрирования обрабатываемой заготовки, надеваемой на поверхность посадочным отверстием. Втулку закрепляют в рабочем положении гайкой 12.

В универсально-сборочных приспособлениях конструкции элементов разработаны так, что позволяют обрабатывать различные по форме и размерам детали.

#### 9.4. Крепление сверл

Сверло с коническим хвостовиком устанавливается в коническое отверстие шпинделя станка (рис. 9.29) и удерживается в нем силами трения. Лапка хвостовика должна входить в паз шпинделя, что предохраняет сверло от проворачивания.

Конические хвостовики сверл, зенкоров, машинных разверток, а также конические отверстия в шпинделях сверлильных станков изготавливают по системе Морзе. Конусы Морзе имеют номера 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, причем каждому номеру соответствуют определенные размеры конуса.

В случае, когда конусы Морзе у шпинделя станка и у хвостовика сверла не совпадают, применяют *переходные конические втулки* (рис. 9.30). У них два конуса: *наружный* для установки в шпиндель станка и *внутренний* для крепления сверла.

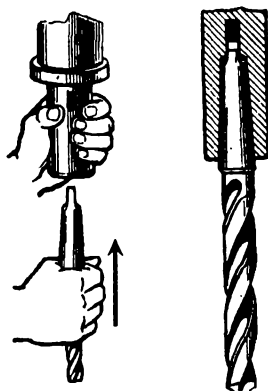


Рис. 9.29. Закрепление инструмента непосредственно в шпинделе станка

Извлечение инструмента из конического отверстия шпинделя станка производят с помощью *клина* (рис. 9.31, *а*) через прорезь в шпинделе. На рис. 9.31, *б* показан *клин с пружиной*, который удаляет сверло без применения молотка.

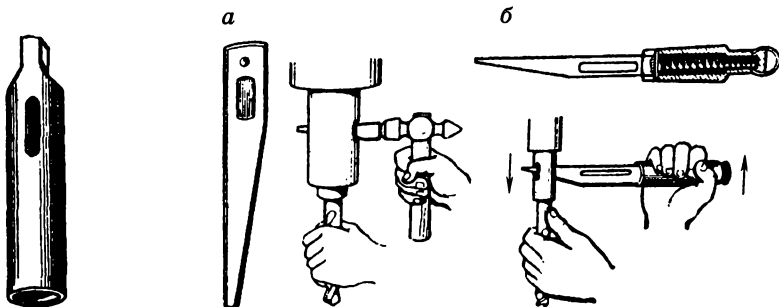


Рис. 9.30. Переходная коническая втулка

Рис. 9.31. Извлечение инструмента: *а* — клином; *б* — пружинным клином

Сверла с цилиндрическим хвостовиком крепятся в *сверлильных патронах*. Наиболее широкое применение находят трехкулачковые сверлильные патроны, трехкулачковые самоцентрирующие патроны, трехкулачковые патроны с наклонными кулачками, цанговые и быстросменные патроны.

На рис. 9.32 показан *трехкулачковый сверлильный патрон* для закрепления сверл малого диаметра. Закрепление производят с помощью ключа. Внутри корпуса патрона (рис. 9.33) расположены наклонно три кулачка 1, которые имеют резьбу, связывающую их с гайкой 2. Обойма 3 вращается специальным ключом 4, вставленным в отверстие корпуса патрона. При вращении обоймы по ходу часовой стрелки вращается также гайка. Зажимные кулачки, опускаясь вниз, постепенно сходятся и зажимают цилиндрический хвостовик сверла. При вращении обоймы в обратном направлении кулачки, поднимаясь вверх, расходятся и освобождают зажатый инструмент.

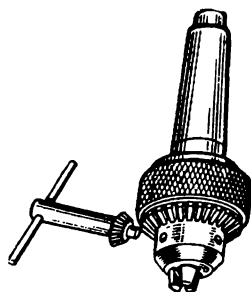


Рис. 9.32. Трехкулачковый сверлильный патрон



На рис. 9.34 показан *трехкулачковый самоцентрирующий патрон* для закрепления сверл диаметром от 2 до 12 мм. На резьбовую часть хвостовика 1 навинчена втулка 2 с наружной резьбой, на которую установлен корпус 5 патрона. При повороте корпуса рукой по ходу часовой стрелки три кулачка 4, прижатых к нему пружинами 3, сходятся и зажимают сверло.

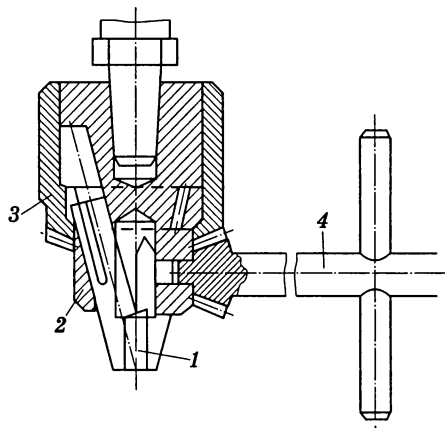


Рис. 9.33. Устройство и принцип работы трехкулачкового патрона с наклонными кулачками:  
1 — кулачки; 2 — гайка; 3 — обойма;  
4 — ключ

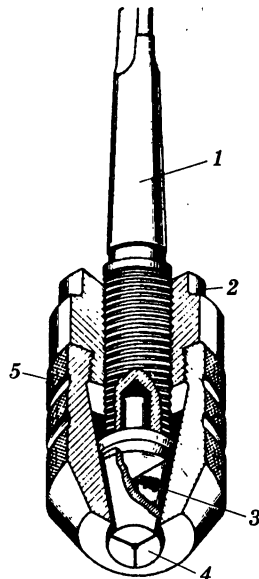


Рис. 9.34. Трехкулачковый самоцентрирующий патрон:  
1 — хвостовик; 2 — втулка;  
3 — пружина; 4 — кулачки;  
5 — корпус

Сверла с цилиндрическим хвостовиком малых размеров можно закреплять в *цанговых патронах* (рис. 9.35). В корпусе 2 патрона имеется коническое отверстие 4. В него вставляется цанга 5 — втулка, имеющая три прорези. При навинчивании на резьбу 3 корпуса гайки 6 она перемещает цангу в осевом направлении. Двигаясь по конической поверхности, цанга сжимается и закрепляет сверло. Патрон имеет конический хвостовик 1 для установки в шпиндель станка.

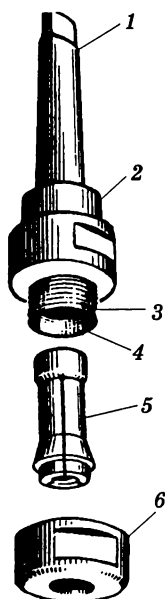


Рис. 9.35. Цанговый патрон:  
1 — хвостовик; 2 — корпус;  
3 — резьба корпуса; 4 — кони-  
ческое отверстие; 5 — цанга;  
6 — гайка

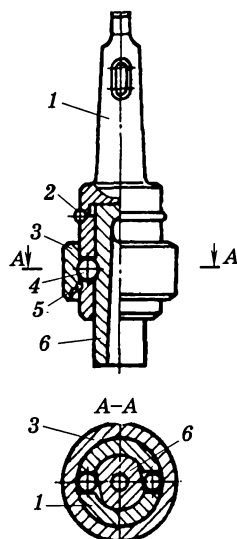


Рис. 9.36. Быстросменный  
патрон:  
1 — хвостовик; 2, 5 — пружин-  
ные кольца; 3 — обойма;  
4 — шарик; 6 — втулка

**Быстросменные патроны** (рис. 9.36) применяют при обработке деталей, в которых необходимо последовательно выполнять сверление, зенкерование, развертывание, нарезание внутренней резьбы и т.д. Их применение значительно сокращает время на смену инструмента, так как она производится без остановки шпинделя станка. Корпус патрона закрепляют хвостовиком 1 в шпинделе станка. В цилиндрическом отверстии корпуса расположена сменная втулка 6 с гнездом для инструмента. Вращательное движение от корпуса патрона втулке передают два шарика 4, находящихся в поперечных гнездах корпуса. Для смены втулки 6 с режущим инструментом приостанавливают вращение обоймы 3, взяв ее за рифленую поверхность, и поднимают обойму до упора в пружинное кольцо 2, заложенное в паз корпуса. Перемещение обоймы вниз ограничено вторым пружинным кольцом 5.

## 9.5. Заточка спирального сверла

При подготовке к сверлению особое внимание следует обращать на правильность заточки сверла. В зависимости от обрабатываемого материала наилучшие условия резания обеспечиваются при определенной величине угла при вершине сверла (2φ). Этот угол (угол между режущими кромками) должен находиться в пределах, указанных в табл. 9.1.

Таблица 9.1

Величина угла при вершине сверла

Обрабатываемый материал	Величина угла 2φ, град.
Пластмасса	60...70
Органическое стекло	70
Эбонит, мрамор и другие хрупкие материалы	80...90
Силумин	90...100
Магниеые сплавы	110...120
Сталь и чугун средней твердости	116...118
Закаленная сталь и мягкая медь	125
Латунь, бронза, алюминий, баббит	130...140

В процессе работы сверлом изнашиваются его задняя и передняя поверхности, направляющие (калибрующие) ленточки, перемычка (рис. 9.37). При дальнейшем сверлении затупившееся сверло быстро нагревается, что приводит к его пережогу.

Износ сверла обнаруживается по резкому скрипящему звуку и температуре нагрева. Такие сверла подлежат переточке.

Как правило, заточка сверл выполняется централизованно в специальном заточном отделении заточниками (для сверл большого диаметра), однако и слесарь обязан хорошо знать правила заточки и при необходимости уметь заправить сверло вручную на простом заточном станке (в единичном производстве).

Заточку выполняют в защитных очках (если на станке нет прозрачного экрана). Затачивают сверло вручную следующим образом. Перед началом заточки необходимо отрегулировать положение подручника (зазор 2...3 мм), опустить защитный экран и включить станок. Затем взять сверло левой рукой за рабочую часть (рис. 9.38) на расстоянии примерно 20...30 мм

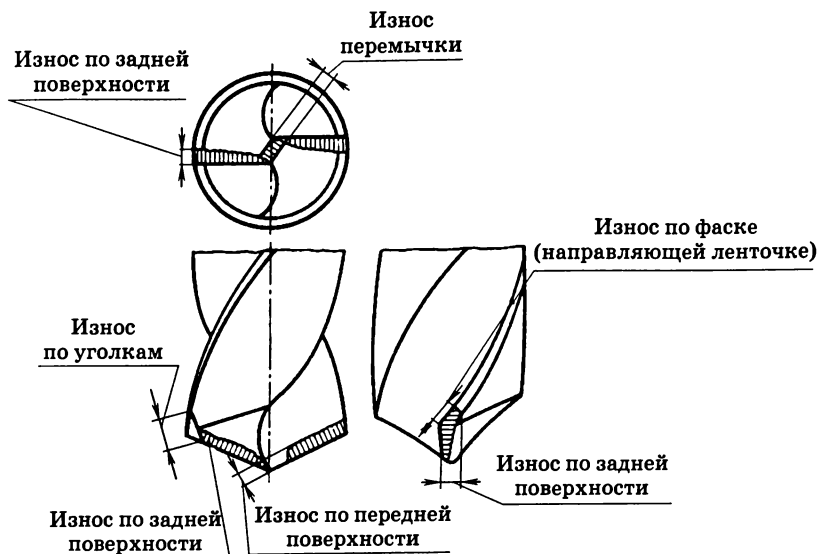


Рис. 9.37. Виды изнаса спирального сверла

от режущих кромок, а правой — за хвостовик и подвести его к периферии шлифовального круга так, чтобы режущая кромка приняла горизонтальное положение. Угол между осью сверла и периферией круга должен быть около  $60^\circ$ . Заточку сверла производят по задней поверхности зуба. Поворачивая сверло правой рукой плавными полукруговыми движениями справа налево против хода часовой стрелки и слегка прижимая его к кругу, затачивают последовательно одну режущую кромку, а затем другую. При заточке сверло периодически охлаждают в содовом растворе или воде. Режущие кромки после заточки должны быть прямолинейными, острыми, иметь одинаковую длину и заточены под одинаковыми углами относительно оси сверла.

Качество заточки сверл проверяют специальным комбинированным шаблоном с тремя вырезами (рис. 9.39) для определения длины режущих кромок (обе кромки должны быть одинаковой длины), угла заточки при вершине сверла ( $2\varphi$ ), угла наклона винтовой канавки на наружном диаметре сверла ( $\omega = 60^\circ$ ), угла между поперечной режущей кромкой (перемычкой) и режущими кромками ( $\psi = 55^\circ$ ).

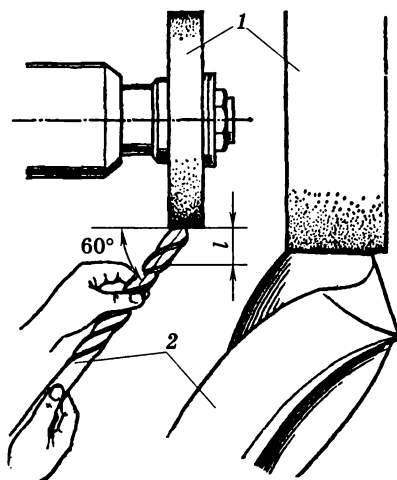


Рис. 9.38. Заточка режущей части сверла:

1 — шлифовальный круг; 2 — сверло;  
 $l$  — расстояние от левой руки до периферии круга

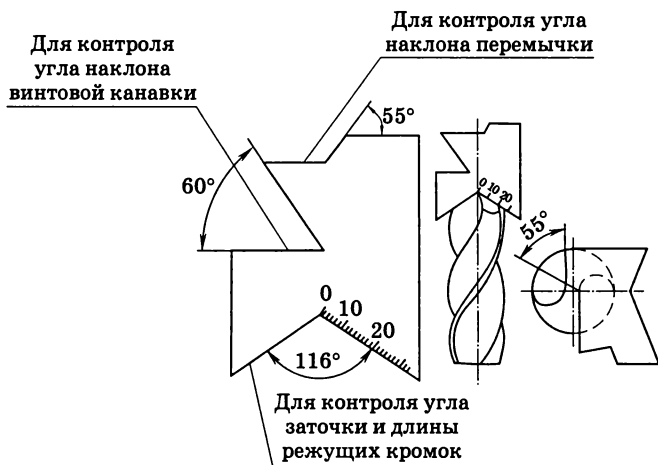


Рис. 9.39. Контроль заточки сверла с помощью специального комбинированного шаблона

Углы заточки сверла можно проверить с помощью специального прибора, состоящего из двух вращающихся на оси дисков (рис. 9.40).

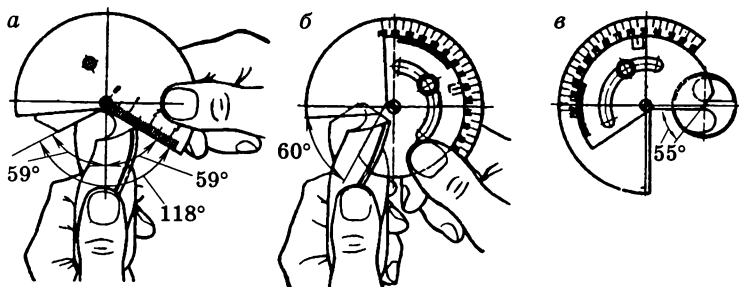


Рис. 9.40. Контроль заточки сверла с помощью специального прибора:

*a* — контроль угла при вершине сверла; *б* — контроль угла заострения;  
*в* — контроль угла наклона поперечной кромки

Заточенные сверла рекомендуется доводить на мелкоабразивных брусках, так как их стойкость после доводки резко возрастает.

На рис. 9.41 показаны наиболее часто встречающиеся на практике дефекты при ручной заточке. Рассмотрим их.

1. Неодинаковая длина режущих кромок; центр поперечной кромки не совпадает с осью сверла (рис. 9.41, *a*). Длина кромки *AC* нагружена больше, чем *BC*, поэтому она часто

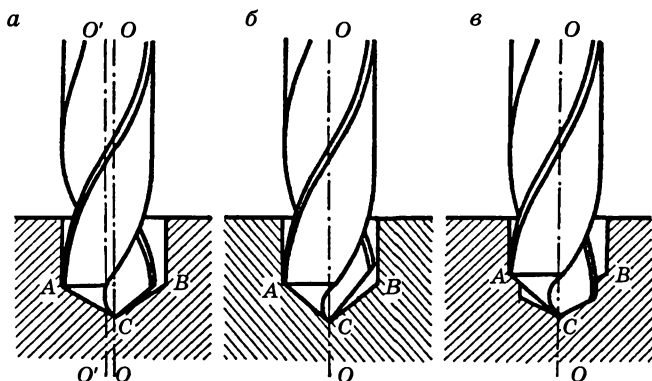


Рис. 9.41. Дефекты заточки спирального сверла:

*a* — неодинаковая длина режущих кромок; центр поперечной кромки не совпадает с осью сверла; *б* — режущие кромки заточены под разными углами; *в* — режущие кромки неодинаковы по длине и имеют разные углы наклона

выкрашивается около угла  $A$  и быстрее затупляется. Под действием большой нагрузки со стороны кромки  $AC$  сверло отжимается от оси вращения  $O'O'$  в положении  $OO$ , начинает «бить», что приводит к «разбиванию» отверстия, т.е. увеличению его диаметра. При большой глубине сверления возможна поломка сверла.

2. Середина поперечной кромки совпадает с осью сверла, но режущие кромки заточены под разными углами (рис. 9.41, б). Из-за большого наклона режущая кромка  $BC$  работать не будет. Снимает стружку только кромка  $AC$ . При этом из-за односторонней нагрузки режущей кромки сверло будет уходить в сторону, увеличивая диаметр отверстия.

3. При заточке сверла, показанной на рис. 9.41, в, режущие кромки неодинаковы по длине и имеют разные углы наклона. Произойдет смещение сверла, и при работе оно будет вращаться вокруг оси  $OO$ , «разбивая» отверстие.

Спиральные сверла с нормальной заточкой имеют ряд недостатков: обуславливают большое трение, плохо отводят теплоту в том месте, где режущая кромка соединяется с ленточкой, испытывают неблагоприятные воздействия поперечной кромки (перемычки), имеют переменные углы на длине режущей кромки.

Для улучшения условий работы сверл применяют заточку специальных видов: двойную, подточку перемычки и ленточки, а также тройную заточку по методу В.И. Жирова.

При *двойной заточке* (рис. 9.42, а) режущие кромки представляют собой ломаные линии, расположенные под двумя углами  $2\phi$ : соответственно  $116...118^\circ$  и  $70...75^\circ$  на длине, равной  $0,2$  диаметра сверла. Образуются четыре режущие кромки, общая длина их увеличивается, уменьшается толщина стружки, улучшается отвод теплоты.

При *подточке перемычки* (рис. 9.42, б) со стороны передней поверхности уменьшается ее длина, а значит, снижается и ее неблагоприятное действие. *Подточка ленточки* (рис. 9.42, в) улучшает условия резания, поскольку ленточка сужается и трение уменьшается. Ленточку подтачивают до ширины  $0,1...0,2$  мм на длине  $3...4$  мм.

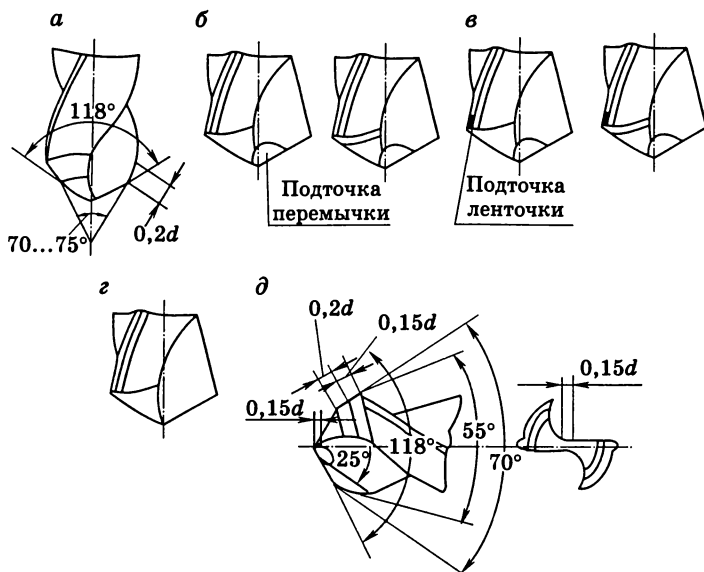


Рис. 9.42. Основные виды заточки сверл:

*a* — двойная; *б* — одинарная с подточкой перемычки и двойная с подточкой перемычки; *в* — одинарная с подточкой перемычки и ленточки и двойная с подточкой перемычки и ленточки; *г* — одинарная (нормальная) заточка; *д* — заточка по методу В.И. Жирова

Для сверл диаметром до 12 мм выполняется *одинарная (нормальная) заточка* (рис. 9.42, *г*), для сверл диаметром больше 12 мм — *заточка специальных видов*.

При *заточке по методу В.И. Жирова* (рис. 9.42, *д*) кроме основной заточки с углом  $2\phi = 118^\circ$  имеются два дополнительных угла: на длине 0,2 диаметра угол  $70^\circ$  и на длине 0,15 диаметра угол  $55^\circ$ . Здесь также подтачивают перемычку. Заточка по этому методу рекомендуется для обработки хрупких материалов.



## 9.6. Выбор режимов резания при сверлении

Как отмечалось в § 9.1, процесс сверления заключается в том, что в неподвижно закрепленную обрабатываемую заготовку вдавливают сверло, которому сообщают два движения: вращательное  $I$  (рис. 9.43,  $a$ ), которое называется скоростью резания (обозначается буквой  $v$ ), и поступательное  $II$ , направленное вдоль оси сверла и называемое подачей (обозначается буквой  $S$ ).

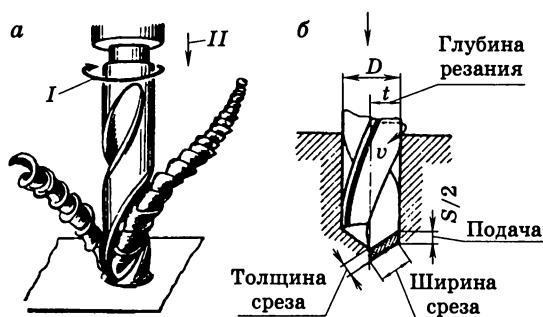


Рис. 9.43. Движение инструмента при сверлении ( $a$ ) и элементы резания ( $b$ )

При сверлении под влиянием силы резания происходит отделение частиц металла и образование элементов стружки.

Скорость резания  $v$ , подача  $S$  и глубина  $t$  составляют **режимы резания** (рис. 9.43,  $b$ ).

**Скорость резания  $v$**  — это путь, проходимый в направлении главного движения наиболее удаленной от оси сверла точкой режущей кромки в единицу времени:

$$v = \pi d n / 1000 \text{ (м/мин)},$$

где  $\pi$  — постоянное число, равное 3,14;  $d$  — диаметр сверла, мм;  $n$  — частота вращения сверла,  $\text{мин}^{-1}$  или об/мин.

**Подача  $S$**  — величина перемещения сверла вдоль оси за один его оборот (или за один оборот заготовки, если она вращается, а сверло движется только поступательно). Подача

измеряется в миллиметрах на оборот (мм/об). В некоторых случаях приходится пользоваться минутной подачей  $S_{\text{мин}}$  (это осевое перемещение сверла за одну минуту):

$$S_{\text{мин}} = Sn \text{ (мм/мин)}.$$

**Глубина резания  $t$**  — расстояние от обработанной поверхности до оси сверла. При сверлении глубина резания равна половине диаметра сверла:

$$t = d/2 \text{ (мм)}.$$

При рассверливании глубина резания  $t$  определяется как половина разности между диаметром сверла  $D$  (мм) и диаметром ранее полученного отверстия  $d$  (мм):

$$t = (D - d)/2 \text{ (мм)}.$$

Поскольку глубина резания  $t$  при сверлении — величина неизменная, то основное влияние на производительность обработки оказывают принятые значения скорости резания  $v$  и подачи  $S$ .

Неправильный выбор скорости  $v$  и подачи  $S$  при сверлении приводит к тому, что сверло «садится», т.е. затупляется и теряет свои режущие свойства. Для выбора режимов резания пользуются технологическими картами или специальными таблицами (табл. 9.2).

Таблица 9.2

Рекомендуемые значения подачи и скорости резания при сверлении

Сверло		Подача, мм/об	Скорость резания, м/мин, для обрабатываемого материала		
Материал	Диаметр, мм		Сталь	Чугун	Латунь
Углеродистая сталь	5...10	0,15...0,20	12...8	10...8	13...10
	10...20	0,25...0,15	10...13	10...13	13...15
	Свыше 20	0,15...0,05	13...10	13...10	16...13
Быстрорежущая сталь	5...10	0,15...0,20	30...20	25...20	30...25
	10...20	0,25...0,15	25...35	25...35	30...40
	Свыше 20	0,15...0,05	35...30	35...30	40...35

Исходными данными при выборе режимов резания являются диаметр просверливаемого отверстия (по чертежу детали), обрабатываемый материал (по чертежу детали), материал сверла.

Порядок подбора режимов резания следующий:

1) по диаметру  $d$  сверла и обрабатываемому материалу выбирают из табл. 9.2 подачу  $S$ ;

2) зная  $d$ ,  $S$  и материал сверла, по табл. 9.2 находят скорость резания  $v$  с учетом твердости обрабатываемого материала и способа охлаждения инструмента;

3) определяют частоту вращения шпинделя по формуле

$$n = 1000v/\pi d;$$

4) подбирают ближайшее меньшее значение частоты вращения шпинделя ( $n_{\text{шп}}$ ) из имеющихся для данного станка.

В табл. 9.2 значения режимов резания ( $S$  и  $v$ ) приведены для сталей средней твердости. Скорость резания, выбранную по этой таблице, следует уменьшать на 10...20 % для твердых сталей и повышать на 10...20 % для мягких сталей. При работе твердосплавными сверлами табличное значение скорости резания  $v$  надо увеличить в 3–4 раза по сравнению со скоростью резания сверлами из быстрорежущей стали.

Зная диаметр сверла и скорость резания, частоту вращения шпинделя можно выбрать непосредственно из табл. 9.3.

Таблица 9.3

Частота вращения шпинделя станка  
для заданной скорости резания

Диаметр сверла, мм	Значение частоты вращения, об/мин, при скорости резания, м/мин						
	10	15	20	25	30	40	50
1	3 180	4 780	6 370	7 960	9 550	12 730	15 920
2	1 590	2 390	3 190	3 980	4 780	6 370	7 960
3	1 061	1 590	2 120	2 660	3 180	4 250	5 320
4	796	1 195	1 595	1 990	2 390	3 185	3 980
5	637	955	1 275	1 590	1 910	2 550	3 180
6	530	796	1 061	1 326	1 590	2 120	2 652
8	398	597	796	996	1 190	1 590	1 992
10	318	478	637	796	955	1 273	1 592

Окончание табл. 9.3

Диаметр сверла, мм	Значение частоты вращения, об/мин, при скорости резания, м/мин						
	10	15	20	25	30	40	50
12	265	398	530	663	796	1 060	1 326
14	227	341	455	568	682	910	1 136
16	199	298	398	497	597	795	994
18	177	265	353	442	531	708	884
20	159	239	318	398	478	637	796

Для увеличения стойкости сверла при сверлении различных металлов и сплавов используют СОТС (табл. 9.4).

Таблица 9.4

## Смазывающе-охлаждающие технологические средства

Обрабатываемый металл	Рекомендуемое СОТС
Сталь	Смесь мыльной эмульсии с минеральным маслом
Чугун	Мыльная эмульсия или всухую
Медь	Мыльная эмульсия или сурепное масло
Алюминий	Мыльная эмульсия или всухую
Дюралюминий	Мыльная эмульсия, керосин с касторовым или сурепным маслом
Силумин	Мыльная эмульсия или смесь спирта со скипидаром

Для приготовления мыльной эмульсии надо взять на ведро воды 200 г мыла, 5–6 столовых ложек минерального масла. Содержимое тщательно размешать до полного растворения мыла и довести до кипения.

## Порядок подготовки и настройка

### 9.7. сверлильного станка

Перед сверлением на сверлильных станках выполняют в определенной последовательности подготовительные и наладочные работы.

1. Проверяют исправность заземления, наличие ограждения электродвигателя, смазки в местах, указанных в паспорте станка; протирают стол и отверстие шпинделя.

2. Проверяют холостую вращение, осевое перемещение шпинделя, работу механизма подачи, закрепление стола.

3. Выбирают, устанавливают и закрепляют режущий инструмент (сверло) в коническом отверстии шпинделя либо в сверлильном патроне. Сверло выбирают в соответствии с заданным диаметром отверстия. Выбирая диаметр сверла, следует помнить, что при работе сверлом отверстие в результате «биения» получается несколько большего диаметра, чем сверло. Средние величины разбивки отверстия следующие:

Диаметр сверла, мм	5	10	25	50
Диаметр полученного отверстия, мм	5,03	10,12	25,2	50,28

Сверло с коническим хвостовиком вводят в отверстие шпинделя легким толчком руки. При установке сверла с цилиндрическим хвостовиком в патрон необходимо следить за тем, чтобы хвостовик сверла упирался в дно патрона, иначе при работе сверло может переместиться вдоль своей оси и начнет прокручиваться в патроне.

4. Устанавливают и закрепляют заготовку на столе станка в выбранном приспособлении. Приспособление для закрепления заготовки выбирают исходя из формы и размеров заготовки и диаметра отверстия. Крепление заготовки в приспособлении должно быть надежным.

5. Выбирают режим резания ( $v$  и  $S$ ) и настраивают станок на заданные режимы обработки. Если на станке есть коробки скоростей и подач, то требуется установить рычаги и рукоятки в соответствующие положения. В сверлильных станках со ступенчатыми шкивами необходимо перебросить ремни на соответствующие ступени шкивов. Надо помнить, что в сверлильных станках с помощью рукоятки устанавливают не скорость резания, а частоту вращения шпинделя. Некоторые сверлильные станки не имеют механической подачи, и перемещение инструмента на таких станках осуществляют вручную, путем плавного нажима на рукоятку подачи.

6. Выбирают СОТС.

Пробный пуск станка после его настройки осуществляют поворотом выключателя по ходу часовой стрелки, а выключение — против ее хода. При кнопочном пускателе для включения станка необходимо нажать кнопку «Пуск» (черную или белую), а для выключения — кнопку «Стоп» (красную). Убедившись в правильности настройки и исправности станка, можно приступать к сверлению заготовок.

## 9.8. Приемы сверления отверстий

Различают сквозные, глухие и неполные отверстия (рис. 9.44). *Сквозные отверстия* сверлят на всю толщину детали. *Глухие отверстия* имеют заданную глубину, меньшую толщины изделия в данном месте. *Неполные отверстия* не имеют в основании полной окружности.

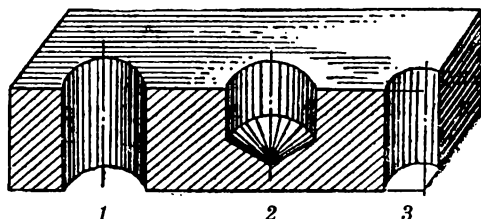
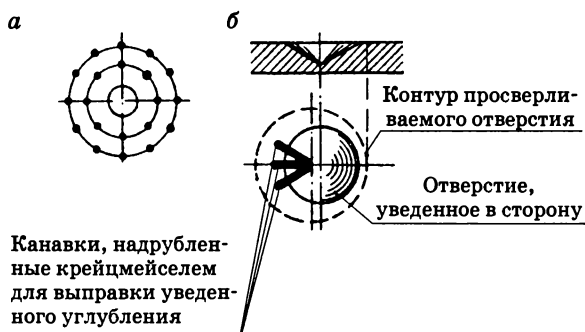


Рис. 9.44. Виды отверстий:

1 — сквозное; 2 — глухое; 3 — неполное

В зависимости от количества обрабатываемых заготовок сверление выполняют по разметке или по кондуктору.

При сверлении по разметке (рис. 9.45, а) на заготовку предварительно наносят осевые риски, окружность будущего отверстия, кернят центр отверстия для направления сверла и окружность. Опытные слесари кернят на окружности только точки пересечения с осевыми рисками. При необходимости проводят контрольную окружность диаметром, несколько большим диаметра будущего отверстия, с последующим ее накернением.



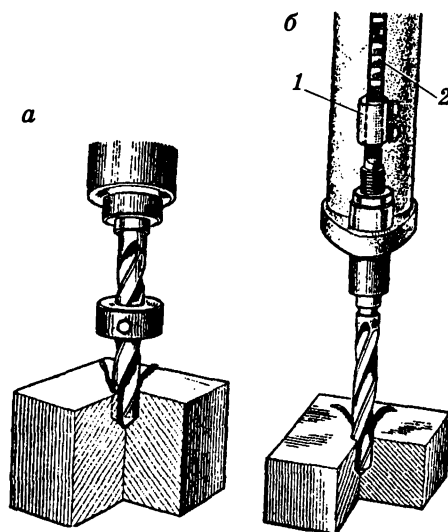
*Рис. 9.45.* Сверление по разметке:

*а* — разметка отверстия; *б* — исправление смещенного отверстия

Сверление по разметке выполняют в два приема: сначала пробное сверление, а затем окончательное. Пробное сверление выполняют при ручной подаче на глубину  $1/4$  диаметра сверла, чтобы удостовериться, правильно ли оно направлено. Если контуры углубления (лунки) смещены относительно разметки будущего отверстия (рис. 9.45, б), то от центра лунки в сторону, в которую надо сместить центр отверстия, крейцмейселем прорубают две-три канавки. Затем вновь сверлят отверстие и, убедившись в его правильности, выполняют окончательное сверление с включением механической подачи.

Сверление в кондукторе (см. рис. 9.27) производят в тех случаях, когда требуется более высокая точность отверстия, а также при достаточно большой партии одинаковых деталей. Этот способ намного производительнее сверления по разметке, так как отпадает надобность в самой разметке, в выверке заготовки перед ее сверлением. Закрепление заготовки в кондукторе производится надежно и быстро, снижается утомление рабочего. Наличие постоянных установочных баз и направляющих сверло кондукторных втулок повышает точность обработки. Сверление по разметке и по кондуктору выполняется с применением СОТС.

Сверление глухих отверстий на заданную глубину осуществляют по втулочному упору (рис. 9.46, а), измерительной линейке, закрепленной на станке (рис. 9.46, б), или по лимбу механизма автоматической подачи.



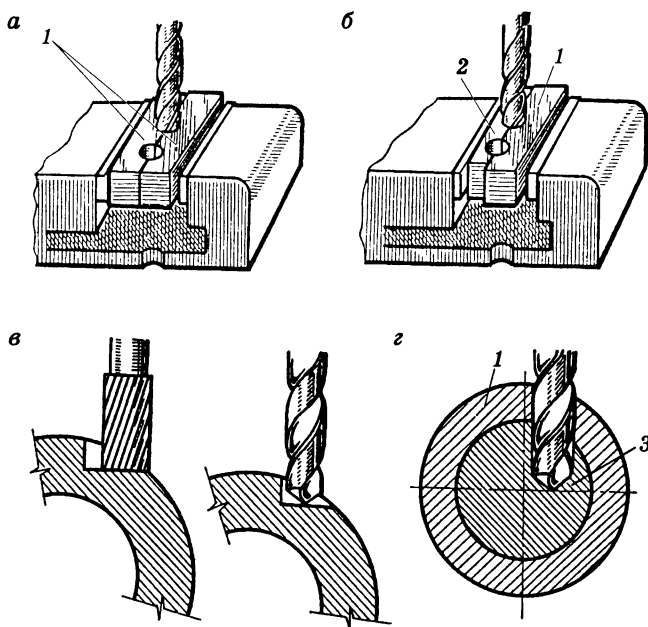
*Рис. 9.46. Сверление глухих отверстий:*  
*а — по втулочному упору; б — по измерительной линейке станка*  
*(1 — упор; 2 — линейка)*

Глубину сверления отсчитывают от начала калибрующей части сверла (размер режущей части не учитывают). Сверло подводят до соприкосновения с поверхностью детали, сверлят на глубину конуса режущей части сверла и фиксируют указателем начальное положение сверла на линейке или лимбе станка. Затем к этому показателю прибавляют заданную глубину сверления и сверлят. Некоторые сверлильные станки имеют на измерительной линейке упор (рис. 9.46, б), который закрепляется винтом. При сверлении сверло опускается на установленную глубину, а упор доходит до ограничителя и останавливается вместе со шпинделем станка.

При сверлении глухих отверстий необходимо периодически извлекать сверло из отверстия, очищать отверстие от стружки и измерять глубину глубиномером штангенциркуля.

Сверление неполных отверстий показано на рис. 9.47, а, б. В данном случае к обрабатываемой заготовке прикладывают второе изделие или прокладку из того же материала, зажимают в тисках и сверлят, а затем прокладку отбрасывают.





**Рис. 9.47. Приемы сверления отверстий:**  
*а, б* — неполных; *в* — боковых; *г* — в полых деталях;  
 1 — изделие; 2 — прокладка; 3 — пробка

При сверлении боковых отверстий (рис. 9.47, *в*) надо предварительно обработать площадку (например, фрезерованием) так, чтобы сверло было перпендикулярно к этой площадке.

При сквозном боковом сверлении изделий типа труб (рис. 9.47, *г*) необходимо забивать внутрь отверстия деревянную или металлическую пробку.

Сверление ступенчатых отверстий выполняется двумя способами:

1) сначала сверлят отверстие по наименьшему диаметру, затем рассверливают его на один или два больших диаметра в пределах глубины каждой ступени (рис. 9.48, *а*);

2) сначала сверлят сверлом наибольшего диаметра, а затем сверлами меньшего диаметра по числу ступеней (рис. 9.48, *б*).

Точные отверстия сверлят в два прохода. Первый проход делается сверлом, диаметр которого на 1...3 мм меньше диа-

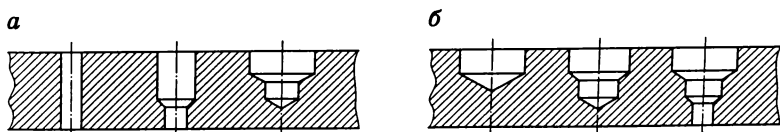


Рис. 9.48. Варианты сверления ступенчатых отверстий

метра отверстия. После этого рассверливают отверстие сверлом нужного диаметра.

Часто приходится сверлить отверстия с пересекающимися осями. Когда отверстия пересекаются под прямым углом, то сначала сверлят отверстие большей длины, затем меньшей. Если отверстия пересекаются не под прямым углом, то, просверлив отверстие большей длины, его заглушают пробкой и сверлят второе.

Сверление глубоких отверстий (глубоким считается отверстие, глубина которого в 6–8 раз больше его диаметра) выполняется сверлами для глубокого сверления. Сверло часто выводят из отверстия для охлаждения и удаления стружки.

Сверление отверстий больших диаметров осуществляют рассверливанием, т.е. вначале сверлят отверстие сверлом, диаметр которого равен  $1/3$  заданного, а затем выполняют рассверливание. Можно использовать кольцевое сверление с помощью резцовых головок (рис. 9.49), имеющих полый корпус с закрепленными на нем резцами. При кольцевом сверлении в детали 2

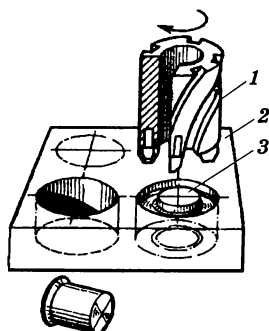


Рис. 9.49. Кольцевое сверление:  
1 — резцы; 2 — деталь; 3 — стержень



Рис. 9.50. Специальное перовое сверло для сверления отверстий в тонком листовом материале

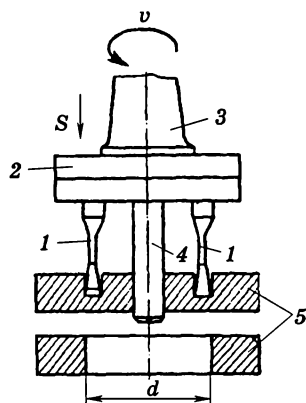


Рис. 9.51. Вырезание отверстий в листовом материале головкой с регулируемыми резцами:

1 — резцы; 2 — головка; 3 — хвостовик; 4 — направляющая цапфа; 5 — деталь

вырезают резцами 1 канавку по диаметру отверстия, а внутренняя часть остается в виде стержня 3.

Отверстия в листовом металле небольшой толщины сверлят специальными перовыми сверлами (рис. 9.50) или головкой с регулируемыми резцами (рис. 9.51). Сверлить тонкий листов металл спиральными сверлами трудно, поскольку глубина сверления меньше длины режущей части сверла, вследствие чего режущие кромки сверла будут цепляться за обрабатываемый материал и рвать его. Отверстие получается овальной формы с заусенцами.

## Особенности сверления труднообрабатываемых материалов и пластмасс

**Жаропрочные и коррозионно-стойкие стали** обладают повышенным сопротивлением резанию. Их сверлят укороченными сверлами, имеющими повышенную жесткость. На каждой режущей кромке и на задних поверхностях зубьев сверла делают стружкоразделительные канавки, расположенные в шахматном порядке. Для сверл диаметром более 12 мм делают двойную заточку. При сверлении используют быстро-режущие сверла и обильное охлаждение эмульсией.

Для обработки **легких сплавов** применяют сверла из быстрорежущей стали или стали марки 9ХС. Сверла диаметром более 5 мм хромируют, чтобы исключить налипание обрабатываемого сплава на переднюю поверхность. Для обработки магниевых сплавов сверло затачивают под углом  $2\phi = 110^\circ$ , а на передней поверхности зуба сверла делают фаску с передним углом  $5^\circ$  и шириной 0,2...0,6 мм. Сверление ведут при оптимальных скоростях резания. Но следует помнить, что магниевые сплавы при слишком высоких скоростях могут самовоспламеняться. Для обработки алюминиевых сплавов применяют сверла с углом заточки  $2\phi = 130^\circ$  и большим углом наклона винтовой канавки ( $\omega = 35...40^\circ$ ).

**Пластмассовые заготовки** при сверлении закрепляют в приспособлениях, используя резиновые прокладки. Такие пластмассы, как текстолит, фенопласт, гетинакс, сверлят с воздушным охлаждением (струей сжатого воздуха), а капрон, полиэтилен, винипласт — с охлаждением 5%-м раствором эмульсола в воде. Их сверлят острозаточенными спиральными сверлами с углом заточки  $2\phi = 70^\circ$ ; угол наклона винтовой канавки  $\omega = 15...17^\circ$ . При сверлении надо следить, чтобы пластмасса вокруг отверстия не размягчалась и не плавилась.

Реактопласты сверлят спиральными сверлами из быстрорежущей стали, так как эти пластмассы имеют высокие твердость и термостойкость. В некоторых случаях используют

сверла, оснащенные пластинками из твердого сплава. Сверля отверстия в заготовках из реактопластов, следует хорошо прижимать их к деревянной или металлической подкладке. При сверлении отверстий в слоистых пластмассах перпендикулярно к слоям рекомендуется брать угол заточки сверла  $50...60^\circ$ , при сверлении параллельно слоям —  $90...135^\circ$ . При выборе размера сверла надо иметь в виду, что в пластмассах размер отверстия после сверления уменьшается на  $0,05...0,10$  мм. Чтобы обратная поверхность заготовки при выходе сверла из отверстия не крошилась, под нее подкладывают жесткую металлическую опору.

*Органическое стекло* сверлят спиральными сверлами с углом при вершине  $2\phi = 70^\circ$ .

Отверстия в *резиновых изделиях* сверлят специальным сверлом-лопаткой (рис. 9.52). Сверление ведут при больших скоростях без охлаждения. Под резину подкладывают кусок фанеры или дерева.

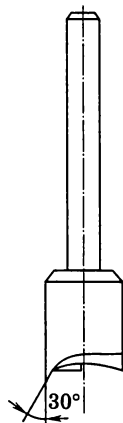


Рис. 9.52. Сверло-лопатка

## Виды брака при сверлении

### 9.10. и причины поломки сверл

Брак при сверлении может возникнуть в результате неисправности станка, инструмента или приспособления, неправильной установки и крепления заготовок. Основные виды и причины брака, а также способы его устранения указаны в табл. 9.5.

Деталь может быть испорчена, если при сверлении произойдет поломка сверла. Причины и последствия поломки сверла могут быть следующими:

- некачественный металл заготовки — сверло, встречая на своем пути раковину или твердые местные включения, сильно отклоняется в сторону и ломается;

Таблица 9.5

**Брак при сверлении**

Вид брака	Причины брака	Способы устранения
Отверстие с грубо обработанной поверхностью	Сверление тупым или неправильно заточенным сверлом Слишком большая подача Недостаточное охлаждение или неправильный состав охлаждающей смеси	Правильно заточить сверло Уменьшить подачу Увеличить подачу СОТС или заменить охлаждающую смесь
Диаметр отверстия больше заданного	Применение сверла большего, чем требуется, диаметра Наличие неравных углов у режущих кромок или разная длина режущих кромок Люфт сверла в конусной переходной втулке	Выбрать сверло необходимого диаметра Правильно заточить сверло  Исправить или сменить втулку
Смещение отверстия	Неверная разметка изделия   Неправильная установка и слабое крепление изделия на столе станка (изделие сдвинулось при сверлении) Увод сверла в сторону	Правильно разметить изделие; при сверлении сначала засверлить пробное углубление и проверить, совпадает ли отверстие с контрольной риской Проверить установку и закрепление изделия и прочно закрепить его на столе станка Проверить правильность заточки; проверить сверло на биение; правильно заточить сверло
Перекосящее отверстие	Неправильная установка изделия на столе станка Попадание стружки под нижнюю поверхность изделия Применение непараллельных подкладок	Проверить установку и крепление изделия Очистить стол и изделие от стружки и грязи перед установкой изделия Сменить подкладки

• нижняя часть обрабатываемой заготовки ограничена наклонной плоскостью или частично другой фасонной поверхностью — сверло выходит из заготовки неравномерно, застревает и ломается;

- глубина сверления больше режущей части сверла — канавки забиваются стружкой; это вызывает сильный нагрев сверла, оно притупляется и ломается;

- затупление и поломка сверла чаще всего происходит в конце сверления сквозных отверстий. Во избежание этого следует уменьшить подачу в момент выхода сверла из изделия примерно в два раза.

Поломка часто происходит при работе тупым и неправильно заточенным сверлом. Сверло должно быть закреплено в патроне плотно и надежно; неплотность крепления приводит к получению неточного отверстия и поломке сверла.

Несоответствие оси шпинделя, оси сверла и оси изделия приводит к получению косого отверстия, увеличению его диаметра и поломке сверла.

Поломка сверла может произойти из-за чрезмерной скорости резания или из-за слишком большой подачи.

Производя сверление, необходимо внимательно следить за ходом работы. При первой же помехе следует прекратить сверление, выяснить причины неисправности и устранить их.

## 9.11. Зенкерование и зенкование

**Зенкерование** — это операция по обработке предварительно просверленных, штампованных, литых цилиндрических и конических отверстий в деталях с помощью зенкера с целью придания им более правильной геометрической формы, достижения более высокой точности размеров и качественной поверхности.

Зенкерованием обеспечивается точность обработки отверстий в пределах 9–11-го квалитетов точности, шероховатость обработанной поверхности —  $\sqrt{Ra} 1,25 \dots \sqrt{Ra} 2,5$ . Эта обработка может быть либо окончательной, либо промежуточной (получистовой) перед развертыванием. При обработке точных отверстий диаметром менее 12 мм вместо зенкерования применяют сразу развертывание.

В качестве инструмента для подготовки предварительно просверленного отверстия к развертыванию применяются *зенкеры*,

позволяющие увеличивать диаметр отверстия на  $0,7...3,0$  мм. Зенкерование выполняется на сверлильных станках. Как и сверло, зенкер совершает два рабочих движения: вращательное вокруг своей оси и поступательное вдоль оси. Толщина стружки, снимаемой режущими кромками зенкера, меньше толщины стружки при сверлении, поэтому при приблизительно равных скоростях резания подачу, как и при сверлении, увеличивают в 2,5–3 раза.

По устройству рабочей части зенкеры подразделяются на *цельные* и *сборные*, а по способу закрепления — на *хвостовые* и *насадные*. По форме зенкеры похожи на спиральные сверла, но имеют три или четыре режущие кромки, что позволяет обрабатывать отверстие более точно.

Зенкер (рис. 9.53) состоит из рабочей части 2, шейки 4, хвостовика 5 и лапки 6. В свою очередь рабочая часть состоит из режущей (заборной) 1 и калибрующей 3 частей.

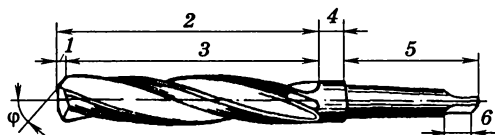


Рис. 9.53. Конструкция зенкера:

1 — режущая (заборная) часть; 2 — рабочая часть; 3 — калибрующая часть; 4 — шейка; 5 — хвостовик; 6 — лапка

Зенкер имеет переднюю поверхность 1 (рис. 9.54), режущие кромки 2, сердцевину 3, заднюю поверхность 4, ленточки 5.

*Трехзубые зенкеры* (рис. 9.55, а) обычно выполняются хвостовыми и служат для обработки отверстий диаметром 12...35 мм.

*Четырехзубые зенкеры* делают насадными (рис. 9.55, б); они крепятся на специальной оправке (рис. 9.56) из углеродистой стали и служат для обработки отверстий диаметром 24...100 мм.

*Цельные зенкеры*, а также режущие части сборных зенкеров изготавливают из сталей марок 9ХС и Р6М5.



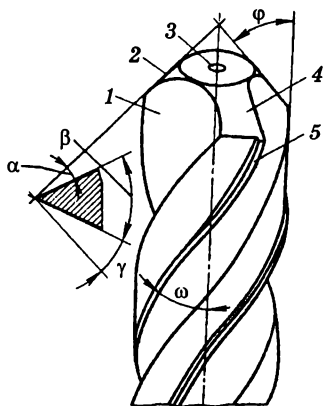


Рис. 9.54. Геометрия зенкера:

1 — передняя поверхность; 2 — режущие кромки; 3 — сердцевина; 4 — задняя поверхность; 5 — ленточки;  $\alpha$  — задний угол;  $\gamma$  — передний угол;  $\phi$  — угол в плане;  $\omega$  — угол наклона винтовой канавки;  $\beta$  — угол заострения

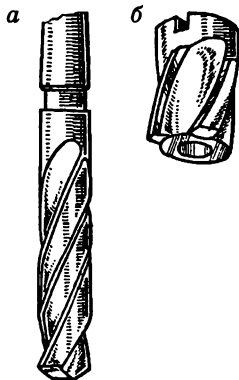


Рис. 9.55. Зенкеры:

а — трехзубый хвостовой;  
б — четырехзубый насадной



Рис. 9.56. Оправка

Кроме того, изготавливают насадные зенкеры со вставными ножами (рис. 9.57, а) из быстрорежущей стали, а также со вставными ножами, оснащенные пластинами (рис. 9.57, б)

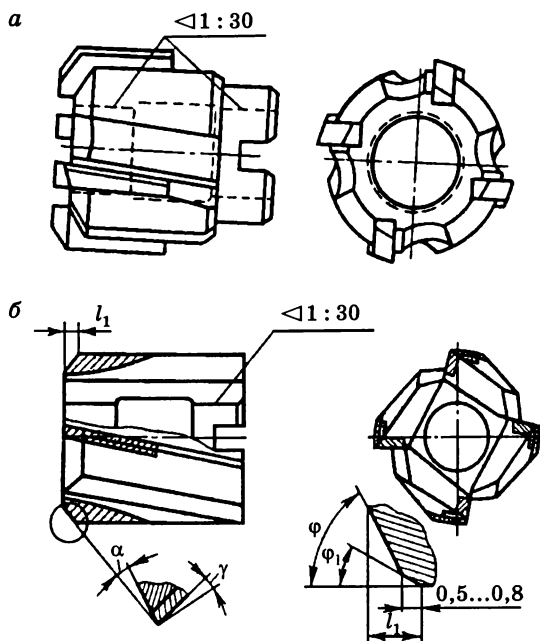


Рис. 9.57. Насадные зенкеры:

*a* — со вставными ножами; *б* — с напаянными пластинами

из твердого сплава марок ВК6, ВК8, Т15К10, Т14К8, Т15К6. Корпус такого сборного зенкера имеет пазы, в которые впаяны или в которых закреплены режущие пластины. В зависимости от точности зенкеры изготавливают двух номеров: № 1 — для предварительной обработки отверстий под развертывание; № 2 — для окончательной обработки отверстий. На зенкерах маркируются номинальный диаметр, номер зенкера, марка материала.

В качестве СОТС при зенкеровании используют мыльную эмульсию.

Припуски на зенкерование можно выбрать исходя из номинального диаметра отверстия:

Диаметр отверстия, мм	16...18	19...30	32...52	Свыше 52
Припуск, мм	1,75	2,5	3,0	4,0

Разновидностью зенкерования является зенкование.

**Зенкование** — это операция по обработке конических и цилиндрических углублений и фасок в заранее просверленных отверстиях под головки болтов, винтов, заклепок с помощью зенковок.

По форме режущей части зенковки подразделяют на цилиндрические, конические и торцовые (цековки).

*Цилиндрическими зенковками*

(рис. 9.58, *а*) обрабатывают цилиндрические углубления под крепежные детали. Они состоят из рабочей части и хвостовика. Рабочая часть имеет от четырех до восьми торцовых зубьев. На торцевой части зенковки имеется постоянная (рис. 9.59, *а*) или сменная (рис. 9.59, *б*) направляющая цапфа, которая входит в просверленное отверстие, что обеспечивает совпадение оси отверстия и образованного зенковкой цилиндрического углубления.

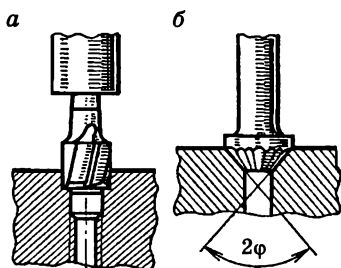


Рис. 9.58. Применение

зенковок:

*а* — цилиндрической;

*б* — конической

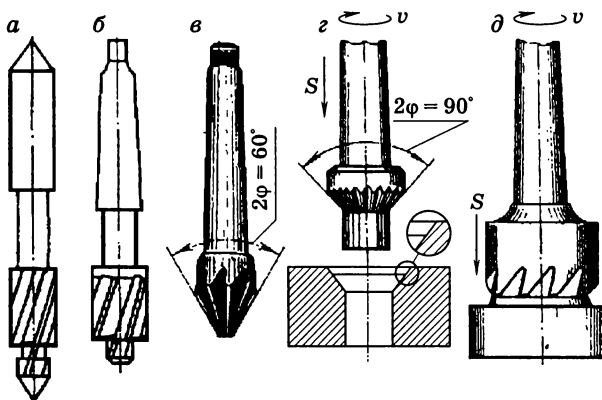


Рис. 9.59. Зенковки:

*а* — с постоянной направляющей цапфой; *б* — со сменной направляющей цапфой; *в* — коническая; *г* — коническая с направляющей цапфой; *д* — цековка

*Коническими зенковками* (см. рис. 9.58, б) обрабатывают конические углубления под потайные головки винтов и заклепок. Угол при вершине рабочей части конической зенковки  $2\varphi = 60^\circ, 75^\circ, 90^\circ, 120^\circ$  (рис. 9.59, в, г), а число зубьев — от 6 до 12. Для обеспечения соосности раззенковываемого и основного отверстий зенковки могут изготавливаться с направляющими цапфами (рис. 9.59, г) на конце рабочей части.

Для зачистки торцовых поверхностей (бобышек) вокруг отверстий применяют торцовые зенковки — *цековки*. Цековка (рис. 9.59, д) состоит из рабочей части и хвостовика. Зубья располагаются на торце: их количество составляет 2, 4 или 6 (в зависимости от диаметра). Цековки обычно выполняют в виде насадных головок, которые устанавливают на оправки. Оправки для них снабжаются направляющими цапфами.

Зенковки и цековки изготавливают из быстрорежущей стали марки Р6М5.

Зенкование и цекование выполняют на сверлильных станках при небольших скоростях резания. Крепление зенковок и цековок не отличается от крепления спиральных сверл.

## 9.12. Развертывание

*Развертывание* — это операция по чистовой обработке отверстий с помощью развертки. Развертыванием обеспечивается точность обработки по 7–8-му квалитетам точности при шероховатости поверхности  $\sqrt{Ra} 1,25 \dots \sqrt{Ra} 0,63$ .

Развертывание отверстий выполняется как на сверлильных, так и на других металлообрабатывающих станках, а также вручную. Развертки для ручного развертывания называются *ручными* (рис. 9.60, а, в), а для станочного развертывания — *машинными* (рис. 9.60, б).

По форме обрабатываемого отверстия развертки подразделяют на *цилиндрические* (рис. 9.60, а, б) и *конические* (рис. 9.60, в), по способу закрепления — на *хвостовые* и *насадные*.

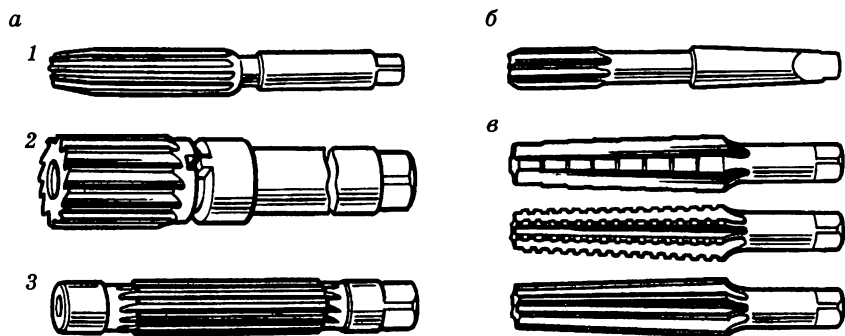
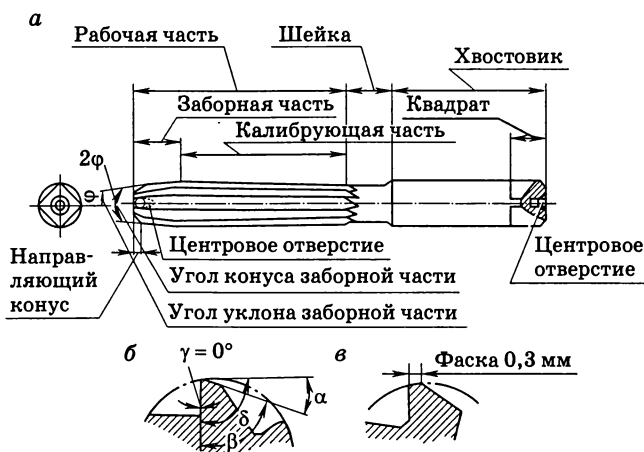


Рис. 9.60. Типы разверток:

*а* — цилиндрические ручные (1 — с прямым зубом; 2 — цилиндрическая насадная; 3 — регулируемая); *б* — машинная; *в* — комплект ручных конических разверток

Ручная развертка состоит из рабочей части и хвостовика (рис. 9.61, *а*). Рабочая часть, на которой имеются режущие зубья, имеет режущую (заборную) и калибрующую части. Режущая часть выполняется с углом конуса  $2\varphi = 0,5 \dots 1,5^\circ$ . На самом конце режущей части для предохранения зубьев развертки от выкрашивания при врезании в отверстие имеется направляющий конус с углом  $45^\circ$ . Калибрующая часть состоит

Рис. 9.61. Ручная развертка:  
*а* — конструкция; *б*, *в* — геометрия

из цилиндрической части, служащей для направления развертки, повышения точности и чистоты поверхности отверстия, а также из заднего (обратного) конуса, служащего для уменьшения трения развертки о поверхность при ее выходе из отверстия.

Зубья режущей части развертки остро заточены (рис. 9.61, б), на калибрующей части они имеют ленточку шириной 0,1...0,5 мм (рис. 9.61, в). Ленточка обеспечивает направление инструмента в отверстии, калибрует его по размеру. Каждый зуб развертки имеет углы: передний угол  $\gamma$  (у черновых разверток  $\gamma = 0...10^\circ$ , у чистовых  $\gamma = 0$ ), задний  $\alpha = 6...15^\circ$ , заострения  $\beta$  и резания  $\delta$ .

Развертки выполняются с прямыми (см. рис. 9.60) или винтовыми (рис. 9.62, а, б) канавками. По направлению винтовой канавки они делятся на *правые* (рис. 9.62, а) и *левые* (рис. 9.62, б).

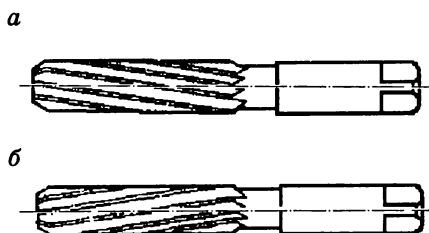


Рис. 9.62. Винтовые развертки:

а — правая; б — левая

Изготовление и заточка прямозубых разверток проще, чем с винтовыми зубьями, однако последние обуславливают более качественную обработку отверстия. Развертки с винтовыми канавками широко применяются при обработке отверстий в вязких металлах и сплавах. Направление спирали у таких разверток делают обычно в сторону, обратную направлению резания. Например, у праворежущих разверток спираль выполняется левой, что предотвращает ее самозатягивание и заедание в отверстии. Угол наклона винтовой канавки развертки зависит от обрабатываемого материала:  $7...8^\circ$  для серого чугуна

и твердой стали; 12...20° для ковкого чугуна и сталей; 35...45° для алюминия.

Развертки изготавливают с равномерным и неравномерным распределением зубьев по окружности. Ручные развертки имеют неравномерное распределение зубьев (рис. 9.63, *а*), а машинные — равномерное (рис. 9.63, *б*). Так, у ручных разверток с восьмью зубьями углы между зубьями составляют 42°, 44°, 46° и 48°. Такое распределение обеспечивает более качественную поверхность отверстия, а главное — ограничивает возможность образования продольных рисок (огранки), т.е. получение отверстий не цилиндрической, а многогранной формы. Если бы шаг зубьев у ручной развертки был равномерным, то при каждом ее повороте воротком зубья останавливались бы в одном и том же месте, это привело бы к образованию огранки.

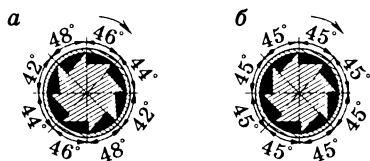


Рис. 9.63. Шаг зубьев развертки:  
*а* — неравномерный; *б* — равномерный

Число зубьев разверток четное: 6, 8, 10, 12 и т.д. Чем больше зубьев, тем выше качество обработки отверстия.

Шейка развертки (см. рис. 9.61, *а*) предназначена для выхода фрезы при фрезеровании зубьев развертки, а также шлифовального круга при заточке.

Хвостовик ручных разверток имеет квадрат (см. рис. 9.60, *а*, *в*) для воротка. Хвостовик машинных разверток малого диаметра делают цилиндрическим, а более крупных разверток — коническим (см. рис. 9.60, *б*).

Центровые отверстия — это технологические отверстия, служащие для установки развертки при ее изготовлении в центровочное приспособление, а также при заточке и переточке зубьев.

Машинные развертки (см. рис. 9.60, б) отличаются от ручных меньшей длиной рабочей части и длинной шейкой, что позволяет развертывать более глубокие отверстия. Режущая (заборная) часть у них короткая с большим углом ( $5...15^\circ$ ), чем у ручной развертки.

По конструкции машинные развертки бывают *цельными* с цилиндрическим или коническим хвостовиком и *насадными*. Ручные конические и цилиндрические развертки изготавливают комплектами из двух или трех штук (см. рис. 9.60, в). В комплекте из двух штук первая развертка предварительная, а вторая чистовая. В комплекте из трех штук первая развертка черновая, вторая получистовая, третья чистовая, придающая отверстию окончательные размеры и шероховатость.

Коническими развертками обрабатывают предварительно просверленное цилиндрическое отверстие на конус или калибруют коническое отверстие, выполненное другим способом. Они изготавливаются конусностью 1:7, 1:10, 1:16, 1:30, 1:50. Все конические развертки могут быть с цилиндрическим или коническим хвостовиком. Такие развертки работают в более тяжелых условиях, чем цилиндрические, поэтому у них на прямолинейных зубьях делают поперечные прорезы для снятия стружки не по всей длине зуба, что снижает усилия при резании. У черновой развертки зубья ступенчатые, что обеспечивает дробление стружки. На промежуточной развертке, которая снимает меньший припуск, прорезы меньше и имеют другой профиль. Чистовая развертка канавок не имеет.

Ручными цилиндрическими развертками развертывают отверстия диаметром от 3 до 60 мм. По степени точности они подразделяются по номерам: 1, 2, 3.

Машинные развертки с цилиндрическим хвостовиком применяют для развертывания отверстий диаметром 3...50 мм. Их закрепляют в самоцентрирующих патронах.

Машинные развертки с коническим хвостовиком изготавливают диаметром 10...18 мм. Эти развертки закрепляют непосредственно в шпинделе станка.

Машинные насадные развертки изготавливают диаметром 25...50 мм. Развертки больших диаметров могут оснащаться



вставными ножами из быстрорежущей стали или пластинами из твердого сплава.

На рис. 9.64 показаны конструкции машинных регулируемых разверток. Они состоят из корпуса, изготовленного из конструкционной стали, и вставных ножей. Их можно регулировать по диаметру развертки. Когда ножи изнашиваются и уже не обеспечивают надежного закрепления, их заменяют новыми.

Ручная регулируемая развертка (см. рис. 9.60, а, з) полая и имеет по длине рабочей части коническое отверстие, внутри которого помещается закаленный стальной шарик. Износ режущих зубьев можно компенсировать вращением регулировочного винта с последующим перемещением шарика вдоль конического отверстия развертки.

Ручные развертки изготавливают из стали марок 9ХС, У10А, У12А, машинные — из быстрорежущей стали Р6М5. Машинные развертки оснащены пластинами из твердых сплавов ВК2, ВК4, ВК6, ВК8, Т15К6.

На развертках маркируются номинальный диаметр, ее номер и марка материала. На конических развертках указывается конусность или номер конуса Морзе.

При работе разверткой на сверлильном станке бывают случаи, когда при жестко закрепленной развертке ее ось не совпадает с осью обрабатываемого отверстия и отверстие получается неправильной формы. Для повышения качества обработки применяют *качающиеся оправки* (рис. 9.65). Оправка закрепляется в шпинделе станка коническим хвостовиком 1. В отверстие корпуса 4 крепится штифтом 5 качающаяся часть оправки 6, которая упирается шариком 3 в подпятник 2. Благодаря такому устройству качающаяся оправка с разверткой соосна обрабатываемому отверстию.

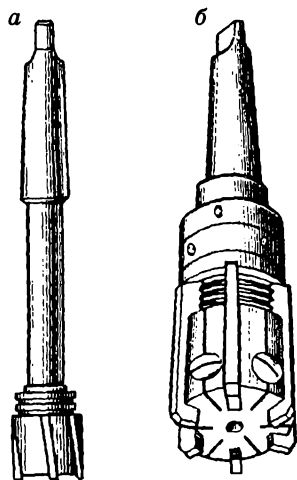


Рис. 9.64. Машинные регулируемые развертки:  
а — раздвижная;  
б — разжимная

Для получения высокой точности отверстия применяют *плавающие развертки*, представляющие собой пластины, вставленные в точно обработанные пазы оправки. При работе плавающими развертками не требуется точная соосность отверстия и шпинделя станка.

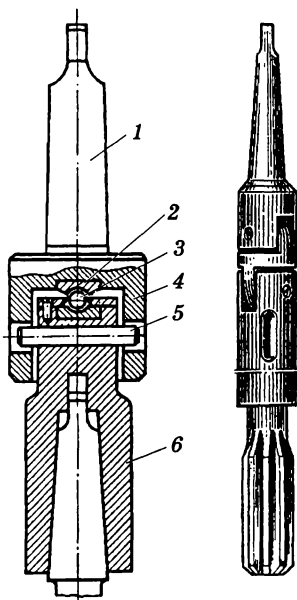


Рис. 9.65. Качающаяся оправка:  
1 — конический хвостовик; 2 — подпятник; 3 — шарик; 4 — корпус;  
5 — штифт; 6 — качающаяся часть оправки

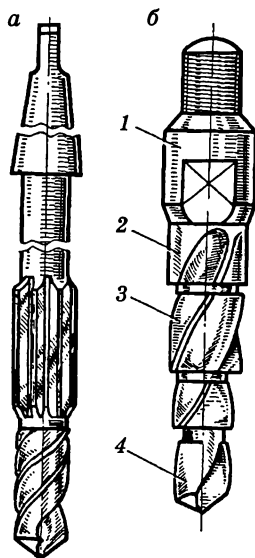


Рис. 9.66. Комбинированный инструмент:  
а — сверло-развертка;  
б — сверло(4)-зенкер(3)-развертка(2)-зенковка(1)

Для повышения производительности труда широко используют *комбинированный инструмент*, позволяющий за один проход выполнять сверление, зенкерование и развертывание. Это сверло-зенкер, сверло-развертка (рис. 9.66, а), сверло-зенкер-развертка-зенковка (рис. 9.66, б), сверло-зенковка, сверло-цековка.

### 9.13. Приемы развертывания

Развертыванию всегда предшествует сверление или зенкерование. При выборе диаметра инструмента для обработки следует учитывать снимаемый инструментом припуск, который можно определить по табл. 9.6.

Таблица 9.6

Припуск, снимаемый при развертывании

Вид развертки	Припуск, мм, при диаметре отверстия, мм						
	10	25	35	50	65	80	100
Ручная чистовая	0,03	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10
Ручная черновая	0,15	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50
Машинная чистовая	0,10	0,15	0,18	0,20	0,25	0,27	0,30
Машинная черновая	0,30	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00

Для обеспечения точности надо придерживаться последовательности выполнения технологических операций обработки отверстий.

Так, например, для обработки отверстия  $\varnothing 16H7$  режущий инструмент будет применяться в таком порядке: 1) сверло  $\varnothing 14,2$ ; 2) зенкер  $\varnothing 15,8$ ; 3) черновая развертка  $\varnothing 15,95$ ; 4) чистовая развертка  $\varnothing 16$ .

На рис. 9.67 показана последовательность обработки отверстия  $\varnothing 10H7$ :

- 1) сверление отверстия диаметром 9,7 мм;
- 2) черновое развертывание отверстия диаметром 9,9 мм;
- 3) чистовое развертывание отверстия диаметром 10 мм.

При развертывании деталь надежно закрепляют в тисках (крупные детали не закрепляют).

Значительное влияние на шероховатость и точность развертывания оказывают смазка и охлаждение. В качестве СОТС используют: при обработке стальных и бронзовых заготовок — раствор эмульсола, сульфозфрезоло, минеральное масло; при обработке чугуна и алюминиевых сплавов — керосин, скипидар; при обработке ковкого чугуна и латуни — раствор эмульсола.

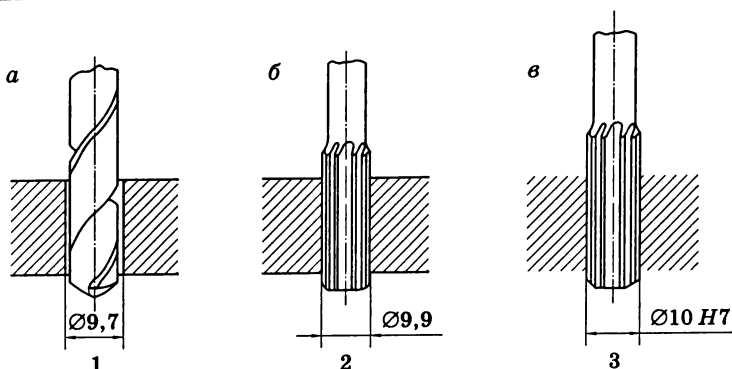


Рис. 9.67. Последовательность обработки отверстия:  
1, 2, 3 — порядок переходов

Приступая к ручному развертыванию, необходимо:

1) выбрать требуемую по размеру развертку (проверить ее маркировку); убедиться в отсутствии забоин и выкрошенных мест на режущих кромках;

2) закрепить заготовку в тисках или установить ее на верстаке (плите) в положение, удобное для работы;

3) взять черновую развертку, смазать режущую часть СОТС;

4) вставить развертку в отверстие без перекоса и проверить ее соосность с отверстием с помощью угольника, приложив его к развертке (проверку выполняют в двух положениях угольника);

5) надеть на квадрат хвостовика развертки вороток;

6) слегка нажимая на развертку правой рукой вниз, левой рукой медленно вращать вороток по ходу часовой стрелки и врезаться в отверстие;

7) далее плавно вращать развертку обеими руками за вороток (рис. 9.68, а, б), подавая ее в отверстие. Развертку следует вращать только в одном направлении, при вращении в обратном появятся задиры, произойдет затупление и выкрашивание режущих лезвий развертки.

При развертывании сквозных отверстий развертку извлекают с противоположной стороны отверстия.

По окончании развертывания глухого отверстия развертку продолжают вращать в том же направлении, слегка приподнимая ее вверх из отверстия.

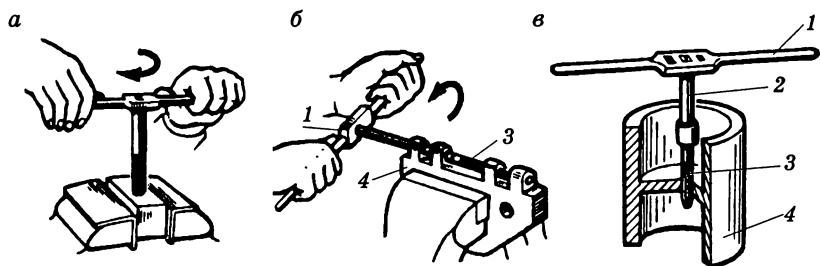


Рис. 9.68. Приемы развертывания отверстий ручными развертками:

*a* — вертикального отверстия; *б* — горизонтального отверстия; *в* — в труднодоступном месте; 1 — вороток; 2 — удлинитель; 3 — развертка; 4 — заготовка

В такой же последовательности производится окончательное (чистовое) развертывание.

Качество развернутого отверстия проверяется калибр-пробками, индикаторными нутромерами, а качество отверстий диаметром более 50 мм — микрометрическими нутромерами.

При развертывании отверстий в труднодоступных местах детали необходимо применять специальные удлинители (рис. 9.68, *в*), надеваемые на квадрат хвостовика развертки.

Машинное развертывание на сверлильных станках производят так же, как и сверление. Развертывание лучше выполнять сразу после сверления и зенкерования при одной установке заготовки в тиски либо приспособление. Развертку закрепляют с помощью патрона или переходных втулок в конусе шпинделя станка. В ряде случаев для обеспечения более точного совпадения осей развертки и отверстия машинные развертки закрепляют в плавающих (качающихся) оправках (см. рис. 9.65). Скорость резания (частота вращения шпинделя) при развертывании должна быть в 2–3 раза меньше, чем при сверлении сверлом такого же диаметра. Развертывание осуществляют с механической подачей, которая зависит от диаметра развертки, материала заготовки и принимается в пределах 0,5...2,0 мм/об.

## 9.14. Брак при зенкеровании и развертывании

Основные причины и виды брака при зенкеровании такие же, как и при сверлении.

Брак при развертывании отверстий может получиться в результате неправильного выбора инструмента и режимов резания, назначения чрезмерных припусков на развертывание, работы неисправной разверткой, нарушения технологической последовательности, переходов и приемов развертывания, отсутствия СОТС. Нельзя выполнять развертывание сквозных отверстий с обеих сторон заготовки. Следует помнить, что развертывание является последней операцией чистовой обработки отверстия. Поэтому, выполняя развертывание, слесарь обязан особенно внимательно следить за ходом процесса.

Основные виды и причины брака при развертывании, а также способы его устранения приведены в табл. 9.7.

Таблица 9.7

Брак при развертывании

Вид брака	Причины брака	Способы устранения
Не выдержан размер отверстия	Неправильный выбор диаметра развертки Биение развертки	Заменить развертку Применить качающуюся оправку
Нечистая поверхность отверстия	Недостаточный припуск под развертывание Грубая обработка отверстия под развертывание	Увеличить припуск Улучшить поверхность отверстия под развертывание
Следы дробления на поверхности	Вращение развертки рывками Увеличенный припуск Неправильная заточка развертки Неправильное закрепление развертки	Вращать развертку плавно, равномерно Уменьшить припуск Заменить развертку Правильно закрепить развертку
Надиры на поверхности	Вращение развертки в разные стороны Затупление развертки Большой припуск Неправильный выбор охлаждающей жидкости, малое ее количество	Вращать развертку только в правую сторону Заточить развертку Уменьшить припуск Заменить жидкость или увеличить ее количество

## Безопасность труда и организация рабочего места при сверлении,

### 9.15. зенкерования и развертывании

Операции сверления, зенкерования и развертывания слесарь выполняет на сверлильном станке, при работе на котором необходимо соблюдать следующие требования безопасности:

- все передачи и открытые вращающиеся механизмы станка должны быть ограждены; запрещена работа на станках без ограждения;

- надо прочно закреплять обрабатываемую деталь на столе станка или в приспособлении. При сверлении незакрепленной детали она может вырваться из рук слесаря и травмировать его;

- запрещается смена режущего инструмента при вращении шпинделя станка;

- следует применять только исправные приспособления и инструмент, работать только на исправном оборудовании;

- инструмент необходимо закреплять правильно и надежно;

- особое внимание следует обратить на удаление стружки.

При обработке вязких металлов и сплавов образуется непрерывная стружка, выходящая из просверливаемого отверстия в виде двух спиралей большой длины. Вращаясь вместе со сверлом, такая стружка может тяжело ранить рабочего. Для измельчения стружки применяют периодическое прерывание подачи (при ручной подаче) или выполняют специальную заточку сверла — наносят две или три канавки на передней грани (при механической подаче). Убирать стружку со стола надо только щетками или металлическими крючками. Запрещается сдувать стружку ртом или убирать ее руками. Нельзя выдувать стружку из глухих отверстий. Если ее невозможно удалить путем опрокидывания детали, следует применять сжатый воздух (надеть защитные очки) или намагниченный стержень;

- сверление любых металлов и сплавов надо производить в защитных очках;

- обрабатываемые детали могут иметь острые грани и заусенцы, поэтому при установке, снятии и перевертывании деталей средней массы надо надевать рукавицы, а сверление выполнять без них в спецодежде с застегнутыми рукавами и головном уборе;

- в случае обнаружения какой-либо неисправности станка необходимо прекратить работу на нем;

- при выполнении на станке работ, связанных с использованием СОТС, в состав которых входят различные масла, керосин, щелочи, скипидар, необходимо избегать попадания этих жидкостей на кожу и в глаза. Для защиты кожи рук от разъедающих жидкостей, растворителей и масел руки смазывают мазями на жировой основе до и после работы;

- пол возле станка должен быть постоянно сухим, а не скользким от масел. Нельзя опираться на станок во время его работы;

- перед включением станка следует убедиться в том, что он заземлен;

- приступать к работе на сверлильном станке можно только после получения от мастера подробного инструктажа по правилам эксплуатации и безопасности труда.

При эксплуатации электрических дрелей также необходимо соблюдать ряд правил:

- работать можно только после проверки знаний по их использованию и безопасности труда;

- категорически запрещается работать без заземления;

- начинать работу можно только после проверки исправности дрели и надежности закрепления режущего инструмента;

- включать электродрель следует только перед самым началом операции;

- необходимо следить за исправным состоянием изоляции питающего шнура, не допускать его сильного натяжения;

- работать следует только исправной электродрелью, в резиновых перчатках, при работе в сырых помещениях — в галошах;

- после выполнения операции дрель надо отключить от электросети.



При работе пневматической дрелью надо соблюдать следующие правила:

- слесарь может быть допущен к работе только после инструктажа и обучения обращению с дрелью;
- перед началом работы надо надеть защитные очки;
- работу следует выполнять в рукавицах;
- резиновый шланг надо присоединять к пневматической дрели до подачи сжатого воздуха, а воздух — после того, как шланг присоединен к дрели;
- нельзя отсоединять шланг от пневмодрели при открытом доступе в него сжатого воздуха, так как под давлением шланг может вырваться из рук и нанести сильные удары;
- после окончания работы следует сначала перекрыть доступ сжатого воздуха в пневматическую дрель, а затем отсоединить ее от магистрального воздуховода.

При выполнении операций сверления, зенкерования и развертывания необходимо правильно организовать рабочее место. Сверлильный станок следует содержать в чистоте, все детали и узлы должны быть смазаны. Принадлежности к станку, приспособления, инструмент должны храниться на стеллажах или в приставной тумбочке. Сверла хранятся в специальных подставках с гнездами, куда они вставляются хвостовиками.

Изделия устанавливают на стол станка осторожно, без ударов и больших перемещений по его поверхности. Закрепляя инструмент, нельзя ударять по сверлильному патрону.

После окончания работы стол станка очищают от стружки, грязи, протирают и смазывают. Патрон и инструмент следует извлекать из шпинделя станка.

При ручном развертывании на верстаке не должно быть ничего лишнего. На рабочем месте необходимо соблюдать порядок и чистоту.

### **Вопросы и задания для самоконтроля**

1. Каково назначение сверлильных станков?
2. В чем основное отличие радиально-сверлильного станка от вертикально-сверлильного?
3. Какие приспособления используются для работ на сверлильных станках?

4. Какие движения обеспечивают процесс резания при сверлении, рассверливании, зенкеровании и развертывании?
5. Какая связь между скоростью резания и частотой вращения шпинделя?
6. Как выбираются режимы резания при сверлении на сверлильном станке?
7. Какова конструкция спирального сверла?
8. Объясните назначение лапки у сверл с коническим хвостиком.
9. Перечислите виды заточки спирального сверла. Назовите требования к заточке.
10. В чем особенности сверления отверстий: а) в плоскости, расположенной под углом к поверхности стола; б) на цилиндрической поверхности; в) в полых деталях?
11. Укажите назначение зенкерования и зенкования.
12. Каково устройство зенкера и зенковки?
13. За счет чего точность и шероховатость поверхности отверстия после обработки зенкером выше, чем после обработки сверлом?
14. Укажите припуски и режимы резания при зенкеровании.
15. Опишите конструкцию развертки.
16. Какие виды обработки должны предшествовать развертыванию?
17. Почему ручные развертки изготавливаются с неравномерным шагом зубьев по окружности?
18. Почему ручные развертки применяют в комплекте из двух или трех штук?
19. Для каких целей применяют развертки со спиральным зубом?
20. Расскажите о приемах работы при ручном и машинном развертывании отверстий.
21. Определите скорость резания, если частота вращения сверла 500 об/мин, диаметр сверла 12 мм.
22. Какие дефекты при сверлении связаны с неправильной заточкой сверла?
23. Как можно увеличить стойкость сверла?
24. Подберите режущий инструмент для обработки цилиндрического отверстия диаметром 15H7.
25. Опишите организацию рабочего места и требования безопасности при сверлении на сверлильном станке.

### 10.1. Резьба и ее элементы

**Резьба** применяется для образования разъемных соединений деталей и для передачи движения.

**Нарезанием резьбы** называется образование винтовой поверхности путем снятия стружки или пластическим деформированием (накаткой) на наружных либо внутренних цилиндрических и конических поверхностях деталей. В соответствии с этим различают *наружную* и *внутреннюю* резьбы. Деталь с наружной резьбой называют **болтом** (рис. 10.1, а), а деталь с внутренней резьбой — **гайкой** (рис. 10.1, б).

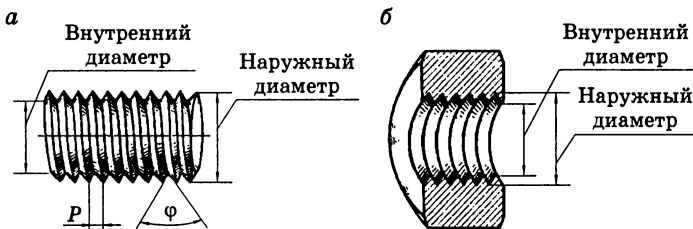


Рис. 10.1. Резьбовые детали:  
а — болт; б — гайка

Всякая резьба имеет следующие элементы (рис. 10.2):

- **профиль резьбы** — контур сечения резьбы в осевой плоскости. В зависимости от профиля различают резьбы треугольные, прямоугольные, трапецеидальные, упорные, круглые (рис. 10.3);
- **угол профиля  $\phi$**  — угол между боковыми сторонами профиля резьбы;
- **высота профиля ( $h$ )** — высота от вершины резьбы до основания профиля, измеряемая перпендикулярно к оси резьбовой детали;

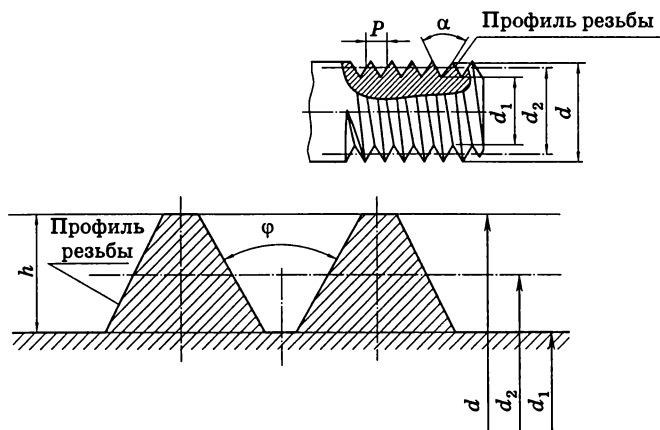


Рис. 10.2. Элементы резьбы

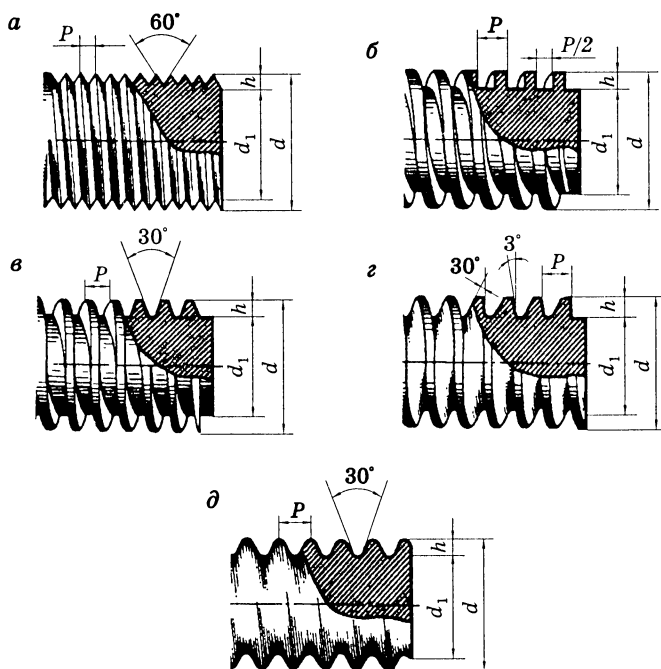


Рис. 10.3. Профили и элементы резьбы:

*а* — цилиндрической треугольной; *б* — прямоугольной;  
*в* — трапецидальной, *г* — упорной; *д* — круглой

• **шаг резьбы ( $P$ )** — расстояние между соседними одноименными боковыми сторонами профиля, измеряемое вдоль оси резьбы;

• **наружный диаметр резьбы ( $d, D$ )** — диаметр цилиндра, описанного вокруг резьбовой поверхности. Наружный диаметр измеряется у болтов по вершинам профиля, у гаек — по впадинам. Его называют также номинальным диаметром резьбы или просто диаметром резьбы;

• **внутренний диаметр резьбы ( $d_1, D_1$ )** — диаметр по впадинам резьбы у болтов и по вершинам у гаек;

• **средний диаметр резьбы ( $d_2, D_2$ )**; он проходит по середине профиля резьбы, где ширина канавки равна половине номинального шага резьбы.

Резьба образуется винтовой поверхностью, которая получается при равномерном движении плоского контура определенного профиля по поверхности цилиндра (*цилиндрическая резьба*) или конуса (*коническая резьба*). Если плоский контур вращается по ходу часовой стрелки и перемещается вдоль оси от наблюдателя, то это *правая резьба* (рис. 10.4, а), при вращении его против хода часовой стрелки и перемещении от наблюдателя — *левая резьба* (рис. 10.4, б).

Болт или гайку с правой или левой резьбой можно отличить и по такому признаку: если данные детали завинчиваются по ходу часовой стрелки, то это правая резьба, если против хода — левая. В машиностроении чаще всего применяют правые резьбы.

По числу винтовых поверхностей, образующих резьбу (по числу заходов), резьбы бывают однозаходными и многозаходными.

*Однозаходные резьбы* имеют одну винтовую поверхность (рис. 10.5, а) и применяются в качестве крепежных резьб.

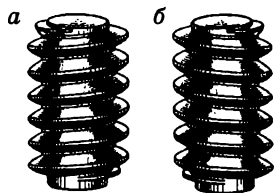


Рис. 10.4. Резьбы:  
а — правая; б — левая

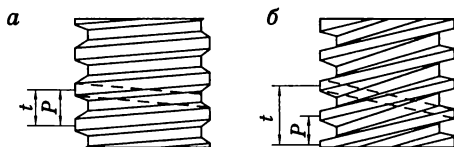


Рис. 10.5. Резьбы:  
а — однозаходная; б — трехзаходная

*Многозаходные резьбы* (двухзаходные, трехзаходные и т.д.) имеют две, три и более винтовых поверхностей (рис. 10.5, б). Они применяются для передачи движения. За один оборот болта (гайки) гайка (болт) перемещается на величину хода резьбы. *Ходом резьбы  $t$*  называется расстояние между ближайшими одноименными сторонами профиля, принадлежащими одной винтовой поверхности. У многозаходных резьб ход равен шагу  $P$ , умноженному на число заходов  $n$ :  $t = Pn$ .

## 10.2. Типы и системы резьб

Профили резьбы зависят от формы режущей части инструмента, с помощью которого нарезается резьба. Тип или профиль резьбы выбирается с учетом назначения резьбовой детали.

По назначению резьбы делятся на крепежные и специальные. К *крепежным* относятся треугольные резьбы, к *специальным* — прямоугольные, трапецеидальные, упорные и круглые (см. рис. 10.3).

Наибольшее распространение имеет *цилиндрическая треугольная резьба* (см. рис. 10.3, а), у которой вершины профиля лежат на цилиндрической поверхности. Обычно эту резьбу называют крепежной, так как ее нарезают на болтах, шпильках, гайках и т.д. Для получения особо плотных соединений треугольную резьбу нарезают на конических поверхностях (пробках, штуцерах, в трубной арматуре). Такая резьба называется *конической треугольной*.

*Прямоугольная резьба* (см. рис. 10.3, б) имеет прямоугольный профиль и из-за невысокой прочности применяется редко.

*Трапецеидальная резьба* (см. рис. 10.3, в) имеет сечение в виде трапеции с углом профиля  $30^\circ$ . Она применяется в подвижных резьбовых соединениях — силовых (резьбовые детали домкратов, прессов) или ходовых (ходовые винты) резьб. Резьба эта проста в изготовлении и имеет по сравнению с треугольной резьбой меньший коэффициент трения и более высокие прочностные характеристики.

На чертежах трапецеидальная резьба обозначается так:  $Tг60 \times 20$  (первое число — наружный диаметр, второе — шаг, мм).

**Упорная резьба** (см. рис. 10.3, *г*) имеет профиль в виде равнобоочной трапеции с рабочим углом при вершине  $30^\circ$ . Основания витков закруглены, что обеспечивает прочность резьбы. Применяется для силовых резьб (в винтовых прессах, домкратах). Обозначение на чертеже следующее:  $S70 \times 10$  (первое число — наружный диаметр, второе — шаг, мм).

**Круглая резьба** (см. рис. 10.3, *д*) имеет профиль, образованный двумя дугами, сопряженными с небольшими прямоугольными участками, и углом  $30^\circ$ . Применяется в соединениях, подвергаемых сильному износу (сантехническое оборудование, крюки грузоподъемных машин и т.д.). Обозначается  $Rd36$  (число — наружный диаметр резьбы в миллиметрах).

В машиностроении приняты три системы резьб: метрическая, дюймовая и трубная.

**Метрическая резьба** (рис. 10.6, *а*) имеет треугольный профиль, плоскосрезанные вершины и характеризуется следующими основными элементами: углом профиля  $60^\circ$ , диаметром и шагом (выражаются в миллиметрах). Метрическая резьба бывает с крупным и мелким шагом. Обозначают метрические резьбы буквой *М* с указанием номинального (наружного) диаметра резьбы (например,  $M10$ ); для резьбы с мелким шагом дополнительно указывается шаг (например,  $M20 \times 1,5$ ).

**Дюймовая резьба** (рис. 10.6, *б*) имеет треугольный плоскосрезанный профиль с углом  $55^\circ$  (резьба Витворта). Дюймовая резьба определяется диаметром, выраженным в дюймах,

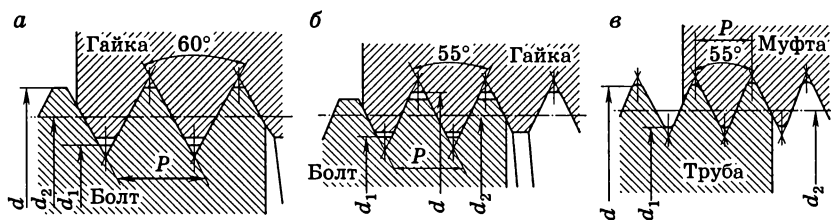


Рис. 10.6. Системы резьб:

*а* — метрическая; *б* — дюймовая; *в* — трубная цилиндрическая

и количеством ниток (витков) резьбы, приходящихся на один дюйм. Один дюйм равен 25,4 мм. Обозначение на чертеже:  $1/2''$ .

В Республике Беларусь при проектировании новых конструкций применение дюймовых резьб запрещено. Их используют при изготовлении запасных частей для машин и оборудования, полученных из стран, где применяется дюймовая резьба.

**Трубная цилиндрическая резьба** (рис. 10.6, в) — это дюймовая резьба с мелким шагом. В отличие от дюймовой резьбы она сопрягается без зазоров и имеет закругленные вершины. За номинальный диаметр трубной резьбы принимается внутренний диаметр трубы. Ее наружный диаметр больше номинального на две толщины стенки трубы. Угол профиля у трубной резьбы  $55^\circ$ . На чертежах эту резьбу обозначают так:  $G3/4''$  (номинальный диаметр трубной резьбы  $3/4''$ ).

### 10.3. Инструмент для нарезания резьбы

В современном машиностроении широко используются высокопроизводительные методы нарезания резьбы на металлорежущих станках с помощью резьбонарезных инструментов. Успешно получают резьбу и с помощью инструмента для накатывания (накатные плашки, накатные ролики, накатные головки). Однако в практике слесарной обработки в большинстве случаев приходится нарезать резьбу вручную. Для нарезания резьбы в отверстиях применяются метчики, а для нарезания наружной резьбы — плашки.

**Метчик** (рис. 10.7) — режущий инструмент, представляющий собой закаленный винт, на котором прорезаны продольные прямые или винтовые канавки, образующие режущие кромки.

Метчики с прямыми канавками проще в изготовлении, поэтому распространены больше. Винтовые канавки улучшают отвод стружки. Направление спирали у них для нарезания сквозных отверстий левое (рис. 10.8, а), глухих отверстий — правое (рис. 10.8, б). У метчиков с левым направлением спирали стружка отводится в направлении подачи, с правым направлением — в противоположном направлении. Метчики



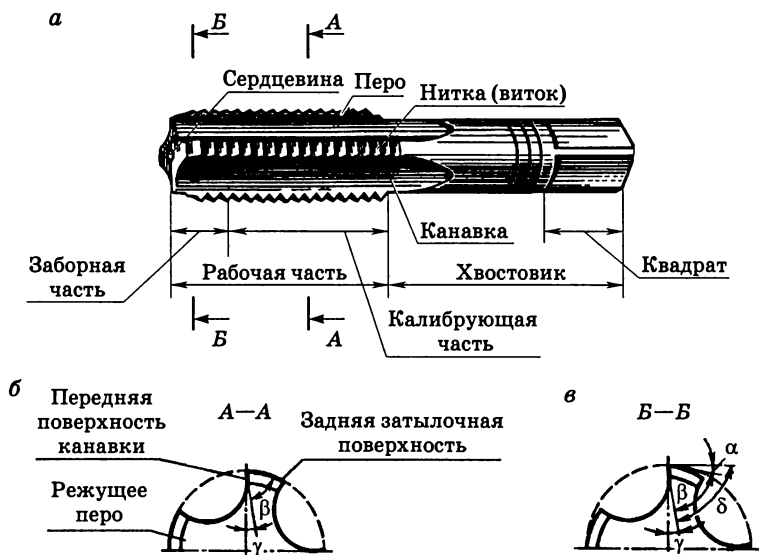


Рис. 10.7. Метчик ручной:

а — конструкция; б — элементы; в — главные углы

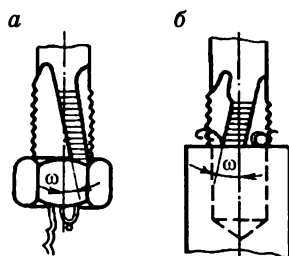


Рис. 10.8. Работа метчика с винтовой канавкой:

а — левой; б — правой

с винтовыми канавками используются при нарезании точных резьб.

Метчик (см. рис. 10.7, а) состоит из рабочей части и хвостовика. Рабочая часть, в свою очередь, подразделяется на заборную (режущую) и калибрующую. Заборная часть метчика — коническая, она выполняет основную работу по нарезанию резьбы. Калибрующая часть служит для направления метчика, придания резьбе окончательного размера и для ее зачистки.

Хвостовик предназначен для закрепления метчика в патроне или удержания его в воротке (при наличии квадрата) во время работы.

Резьбовые части метчика, ограниченные канавками, называются *режущими перьями* (см. рис. 10.7, б). Режущие перья (зубья) имеют форму клина. Главными углами режущих перьев метчика (см. рис. 10.7, в) являются: передний  $\gamma$ , задний  $\alpha$ , угол заострения  $\beta$  и угол резания  $\delta$ . Величины этих углов у калибрующей и заборной частей метчика разные. Для стали средней твердости  $\gamma = 8...10^\circ$ , для твердой стали  $\gamma = 5^\circ$ , для бронзы и чугуна  $\gamma = 0...5^\circ$ . Задний угол  $\alpha = 6...8^\circ$  для ручных метчиков, а для всех остальных  $\alpha = 10^\circ$ .

*Сердцевина* — это внутренняя часть тела метчика, измеряемая по диаметру окружности, касательной к дну канавок метчика.

По назначению метчики делят на ручные, машинно-ручные и машинные; в зависимости от профиля нарезаемой резьбы — на три типа: для метрической, дюймовой и трубной резьбы; по конструкции — на цельные, сборные и специальные.

*Ручные слесарные метчики* служат для нарезания метрической и дюймовой резьб вручную. Изготавливают их комплектами из двух и трех штук (рис. 10.9). Комплекты из двух штук (черновой и чистовой) применяют для резьб с шагом до 3 мм, из трех штук (черновой, средний и чистовой) — с шагом резьбы свыше 3 мм. У трехкомплектных инструментов черновой метчик (рис. 10.9, а) нарезает 60 % будущей резьбы, имеет большую заборную часть (6 витков), половинный профиль резьбы на калибрующей части и одну круговую риску на хвостовике. Средний метчик (рис. 10.9, б) имеет меньшую заборную часть (4 витка), более полный профиль на калибрующей части и две круговые риски на хвостовике. Он нарезает резьбу еще на 30 % после чернового метчика. Полный профиль резьбы на калибрующей части имеет только чистовой метчик (рис. 10.9, в). У него очень короткая заборная часть (1,5–2 витка) и на хвостовике имеются три круговые риски. Он зачищает и калибрует резьбу после чернового и среднего метчиков на оставшиеся 10 %. Угол наклона заборной

части у чернового метчика равен  $3^\circ$ , у среднего —  $7^\circ$ , у чистового —  $12^\circ$ . В комплекте из двух метчиков черновой снимает  $2/3$  припуска, чистовой —  $1/3$ . Таким образом, комплектные метчики позволяют распределить работу резания на несколько инструментов.

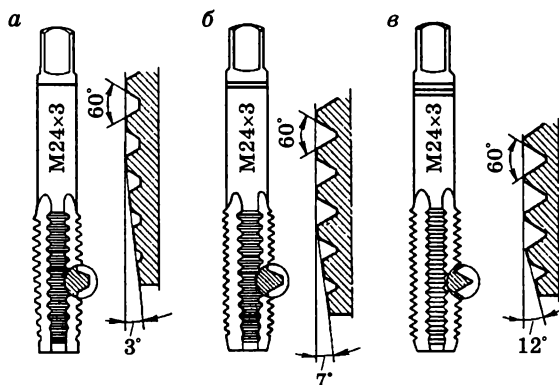


Рис. 10.9. Комплект ручных метчиков:  
а — черновой; б — средний; в — чистовой

На хвостовиках метчиков всех типов маркируются обозначение резьбы, степень точности (только у чистового метчика) и марка стали (для инструмента диаметром более 6 мм).

**Плашечные метчики** (рис. 10.10, а) предназначены для предварительного нарезания резьбы в плашках за один проход. Они имеют большой заборный конус.

**Маточные метчики** (рис. 10.10, б) зачищают резьбу в плашках после нарезания плашечным метчиком, а также

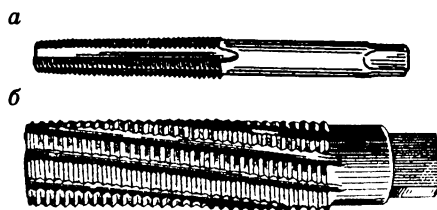


Рис. 10.10. Виды метчиков:  
а — плашечный; б — маточный

в плашках, находящихся в работе. Направление канавок у них всегда правое.

*Машинно-ручные метчики* (рис. 10.11) используются как при ручной обработке, так и при машинной.



Рис. 10.11. Машинно-ручной метчик

К *специальным метчикам* можно отнести бесканавочные и комбинированные метчики.

*Бесканавочные метчики* (рис. 10.12, а) применяют для нарезания резьбы диаметром до 12 мм в сквозных отверстиях. Они прочнее обычных метчиков. Благодаря длинной резьбовой части метчик можно перетачивать несколько раз. Такие метчики очень производительны и обеспечивают хорошее качество нарезаемой резьбы.

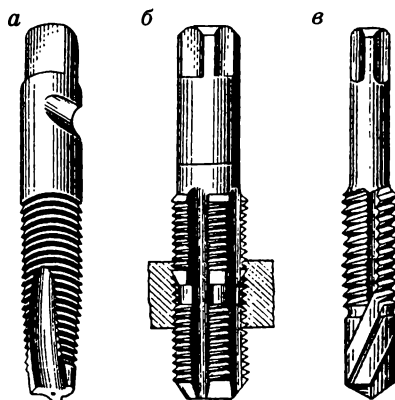


Рис. 10.12. Специальные метчики:

а — бесканавочный; б — комбинированный; в — метчик-сверло

*Комбинированные метчики* (рис. 10.12, б) состоят из двух частей, разделенных шейкой. Первая часть служит для предварительного (чернового) нарезания резьбы, а вторая — для окончательного (чистового) нарезания.

Комбинированный инструмент *метчик-сверло* (рис. 10.12, в) позволяет совмещать сверление и нарезание резьбы в одну операцию, что значительно повышает производительность труда. Применяют и другой комбинированный инструмент: метчик-развертку, зенкер-развертку-метчик и др. Метчики изготавливают из инструментальных сталей марок У8, У12 и Р6М5.

При ручном нарезании резьбы метчик вращается *воротками*. *Нерегулируемый* вороток (рис. 10.13, а) имеет одно или несколько квадратных отверстий под хвостовики разных размеров. У *регулируемого воротка* (рис. 10.13, б) подвижный сухарь 4, перемещаясь в корпусе 2 при вращении рукоятки 3, изменяет размеры отверстия между ним и неподвижным сухарем 5.

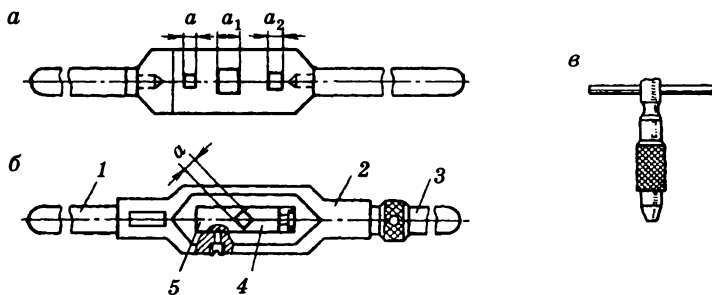


Рис. 10.13. Воротки:

а — нерегулируемый; б — регулируемый (1 — неподвижная рукоятка; 2 — корпус; 3 — вращающаяся рукоятка; 4 — подвижный сухарь; 5 — неподвижный сухарь); в — торцовый

На рис. 10.13, в показан *торцовый вороток*, который применяют для нарезания резьбы в труднодоступных местах.

Конструкция *плашки* — инструмента, применяемого для нарезания наружной резьбы, принципиально аналогична конструкции метчика. Если метчик представляет собой стальной закаленный винт с прорезанными вдоль стержня канавками, то плашка является закаленной гайкой со стружечными канавками, образующими режущие кромки (рис. 10.14, а). В зависимости от конструкций плашки подразделяются

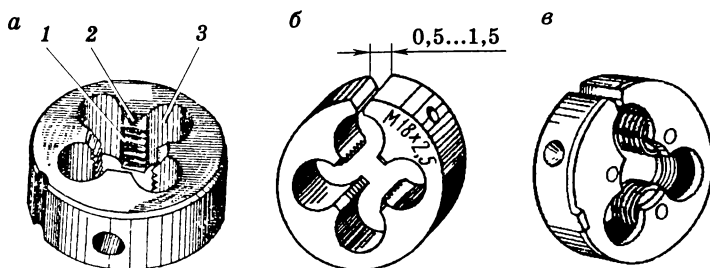


Рис. 10.14. Плашки:

*a* — цельная (1 — калибрующая часть; 2 — заборная часть; 3 — стружечная канавка); *б* — разрезная; *в* — накатная

на круглые (лерки), накатные, раздвижные (призматические). Круглые плашки бывают цельные и разрезные.

Рабочая часть круглой плашки состоит из заборной (режущей) и калибрующей частей (рис. 10.14, *a*). Заборная часть имеет конус с углом  $2\varphi = 40...60^\circ$  (рис. 10.15, *a*) и длину в 1,5–2 витка резьбы. Для более рационального использования плашки заборная часть выполняется с двух сторон (рис. 10.15, *б*). Калибрующая часть имеет цилиндрическую форму с резьбовым профилем в 3–5 витков и располагается между двумя заборными частями плашки. Вдоль калибрующей части находятся неполные отверстия, через которые выходит образующаяся стружка.

У стандартных плашек передний угол  $\gamma = 25...30^\circ$  (рис. 10.15, *в*), задний  $\alpha = 6...8^\circ$ .

Цельные круглые плашки применяют для нарезания резьбы диаметром до 52 мм за один проход. Они обладают большой жесткостью и обеспечивают получение качественной резьбы, но сравнительно быстро изнашиваются. Стандартом предусмотрены также конструкции цельных круглых плашек для нарезания дюймовой резьбы — от  $1/4''$  до  $2''$  и трубной — от  $1/8''$  до  $1\frac{1}{2}''$ .

Разрезные плашки (см. рис. 10.14, *б*) в отличие от цельных имеют прорезь шириной 0,5...1,5 мм, позволяющую регулировать диаметр резьбы в пределах 0,1...0,25 мм. Вследствие пониженной жесткости этих плашек нарезаемая ими резьба имеет недостаточно точный профиль.

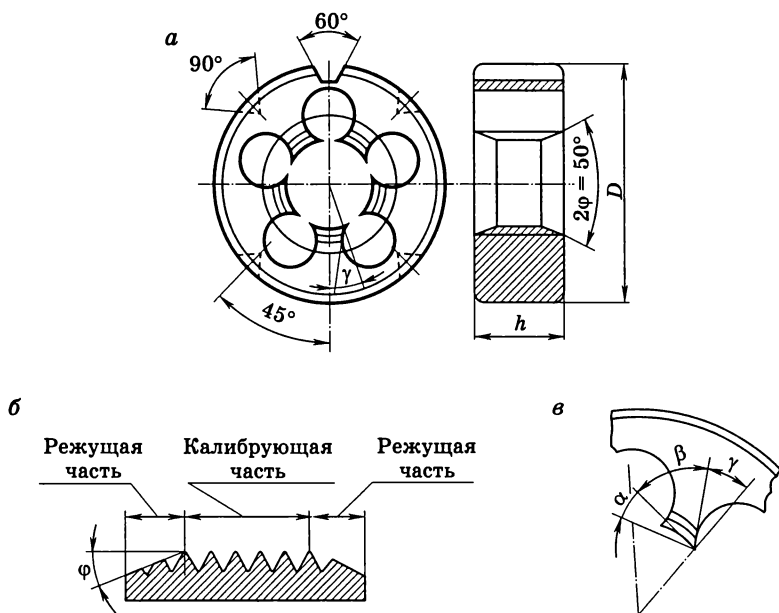


Рис. 10.15. Круглая плашка:  
 а — конструкция; б — элементы рабочей части; в — геометрия

*Призматические раздвижные плашки* состоят из двух полуплашек (рис. 10.16, а) с угловыми направляющими для установки в специальный вороток — *клуб* (рис. 10.16, б). На каждой полуплашке указаны размер наружной резьбы и цифры 1 и 2 для правильного закрепления в клубе. Для равномерного распределения давления винта на плашки между полуплашками и винтом ставят сухарь 4. Клуб состоит из рамки 1 с двумя рукоятками 2 и зажимного винта 5. Клубы, в которые устанавливают призматические плашки, изготавливают шести размеров — от № 1 до № 6. Работа клубом показана на рис. 10.16, в.

Призматические раздвижные плашки изготавливают комплектами по 4–5 пар в каждом. По мере необходимости каждую пару вставляют в клуб и резьбу нарезают за несколько проходов. Раздвижные плашки изготавливают для метрической резьбы диаметром от М6 до М52, для дюймовой — от 1/4" до 2", для трубной резьбы — от 1/8" до 1 3/4". Призмати-

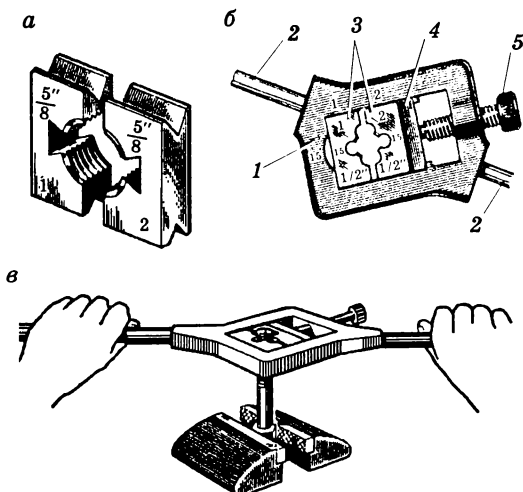


Рис. 10.16. Призматические раздвижные плашки:  
 а — полуплашки; б — клупп (1 — рамка; 2 — рукоятки; 3 — плашки; 4 — сухарь; 5 — зажимной винт); в — нарезание резьбы

ческими раздвижными плашками нарезаются более точные резьбы, чем круглыми.

На рис. 10.14, в показана конструкция *резьбонакатной плашки*, состоящей из корпуса и резьбонакатных роликов. Применение плашек такого типа позволяет получать резьбу 6-го и 7-го квалитетов точности. Резьба получается более прочной, поскольку волокна на винтах не срезаются, а деформируются; при этом образуется поверхностный наклеп профиля резьбы. Резьбонакатными плашками накатывают резьбы диаметром от 4 до 42 мм и шагом от 0,7 до 2 мм.

Плашки изготавливают из стали марок 9ХС, ХВСТ, Р6М5.

## 10.4. Нарезание внутренней резьбы

Внутреннюю резьбу нарезают вручную с помощью воротка, а также на станках. Нарезание выполняют в определенной последовательности.

Сначала сверлят отверстие под резьбу. Его диаметр должен быть несколько больше внутреннего диаметра резьбы.



Диаметры сверл  $d_{св}$  для нарезания внутренней резьбы даны в специальных справочных таблицах (табл. 10.1), а при отсутствии таких таблиц диаметр определяют по приближенной формуле

$$d_{св} = D - P,$$

где  $D$  — наружный диаметр внутренней резьбы, мм;  $P$  — шаг резьбы, мм.

Таблица 10.1

Диаметры сверл для нарезания метрической резьбы

Диаметр резьбы, мм	Метрическая резьба с крупным шагом, мм		Диаметр резьбы, мм	Метрическая резьба с крупным шагом, мм	
	Чугун, бронза	Сталь, латунь		Чугун, бронза	Сталь, латунь
5	4,1	4,2	12	10,0	10,1
6	4,9	5,0	14	11,7	11,8
7	5,9	6,0	16	13,7	13,8
8	6,6	6,7	18	15,1	15,3
9	7,6	7,7	20	17,1	17,3
10	8,3	8,4			

Сквозные отверстия сверлят напроход, глухие — глубиной на  $6P$  больше длины резьбы. Затем необходимо с помощью конической зенковки с углом  $2\phi$ , равным  $90^\circ$  или  $120^\circ$ , снять в отверстии центрирующую фаску для метчика.

Подбирают комплект метчиков для данной резьбы и вороток. Общая длина воротка  $L$  определяется по формуле  $L = 20D + 100$ , где  $D$  — диаметр метчика. Затем закрепляют заготовку в тисках, смазывают рабочую часть чернового метчика маслом и вставляют его заборной частью в отверстие строго по его оси (без перекоса). Соосность метчика с отверстием проверяют угольником (рис. 10.17, а). После этого на метчик надевают вороток и, слегка нажимая левой рукой на среднюю часть воротка вниз, правой рукой вращают его по ходу часовой стрелки до врезания метчика в отверстие на несколько витков резьбы, пока его положение в отверстии не станет устойчивым. Далее вороток плавно вращают обеими руками. При этом не следует

вращать вороток все время по ходу часовой стрелки. Через каждые 1–2 оборота вправо надо выполнить вращение в пол-оборота влево (рис. 10.17, б). Благодаря такому возвратно-вращательному движению метчика стружка ломается, получается более качественная резьба и облегчается процесс резания.

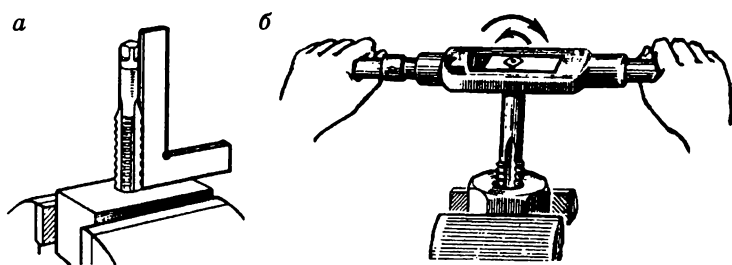


Рис. 10.17. Нарезание внутренней резьбы:  
а — установка метчика и контроль соосности;  
б — процесс нарезания

Окончив нарезание, вывертывают метчик из отверстия (для глухих отверстий) или пропускают его насквозь (для сквозных отверстий). Затем нарезают резьбу средним и чистовым метчиками.

Качество резьбовой поверхности определяют внешним осмотром (наличие задиров и сорванных нитей). Точность резьбы проверяют резьбовыми калибр-пробками или эталонными винтами (рис. 10.18). При контроле проходная часть (Пр) калибр-пробки должна ввинчиваться в резьбовое отверстие, а непроходная (Не) — нет.

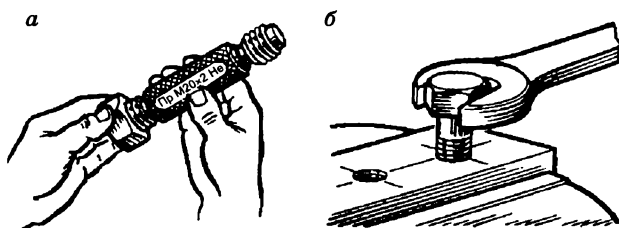


Рис. 10.18. Контроль внутренней резьбы:  
а — калибр-пробкой; б — эталонным винтом

В качестве СОТС при нарезании резьбы в стальных и бронзовых заготовках применяют раствор эмульсола, сульфорезол, минеральное масло, при обработке чугуна и алюминиевых сплавов — керосин. Смазка уменьшает трение и нагрев метчика.

При нарезании резьбы метчиками необходимо соблюдать следующие правила:

- нарезать резьбу полным набором метчиков, не перегружая чистовой метчик; средний и чистовой метчики вводить в отверстие без воротка, не допуская перекоса метчика;
- при нарезании резьбы в глухих отверстиях метчики периодически вывертывать из отверстия и очищать канавки от стружки;
- для предохранения метчиков от поломок применять вороток, соответствующий данному диаметру нарезаемой резьбы;

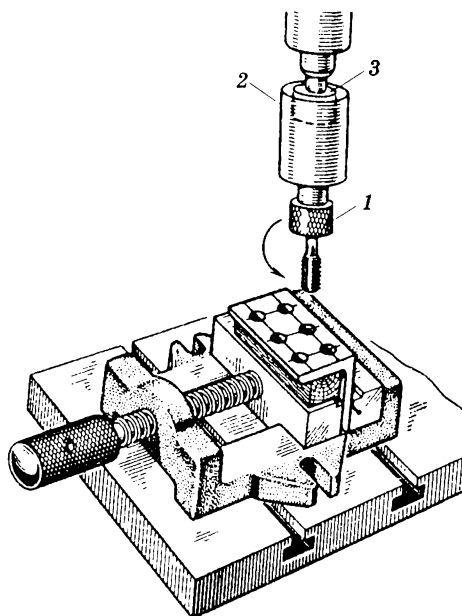


Рис. 10.19. Нарезание внутренней резьбы на сверлильном станке в предохранительном патроне:

1 — накидная гайка; 2 — круглая гайка; 3 — стопорный винт

- для получения качественной резьбы и облегчения процесса резания применять соответствующие СОТС.

Нарезание резьбы вручную — малопроизводительная и трудоемкая операция, поэтому при возможности стремятся применять средства механизации.

Наиболее производительное нарезание внутренней резьбы на сверлильных станках. Оно осуществляется с помощью предохранительного патрона, в котором метчик закрепляют на допустимое усилие. При нарезании резьбы в глухом отверстии метчик упирается в его дно и прекращает вращаться.

Предохранительный патрон устанавливают в шпиндель станка. Метчик вставляют в цангу патрона (рис. 10.19) и закрепляют накидной гайкой 1. Скорость резания составляет 5...8 м/мин. После включения станка проверяют биение метчика. Затем смазывают метчик маслом и нарезают резьбу. Метчик регулируют на допустимое усилие круглой гайкой 2, которая стопорится винтом 3.

Для механизации нарезания внутренней резьбы используют электрические (рис. 10.20, а) и пневматические (рис. 10.20, б)

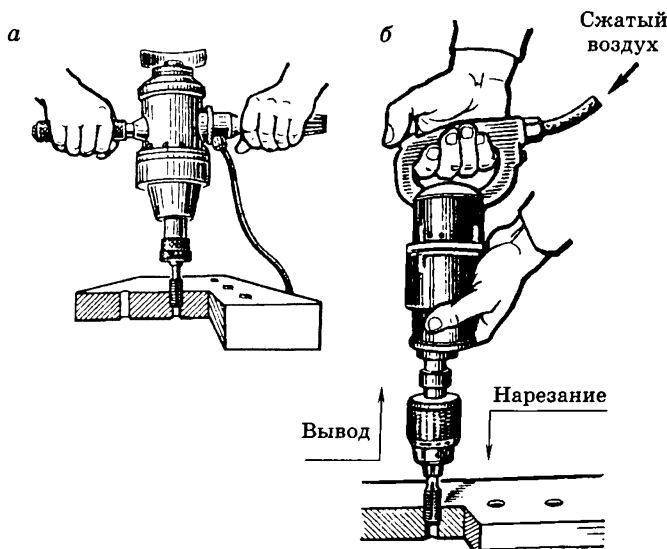


Рис. 10.20. Нарезание внутренней резьбы резьбонарезателями:  
а — электрическим; б — пневматическим

*резьбонарезатели*. Резьбонарезатели с электрическим и пневматическим приводом имеют механизм автоматического изменения направления вращения шпинделя. Это обеспечивает получение прямого и обратного хода метчика. Метчик закрепляют в предохранительном патроне, смазывают маслом. Резьбонарезатель удерживают в руках так, чтобы не было перекоса метчика относительно оси отверстия. Метчик направляют в отверстие и слегка нажимают на корпус, в результате чего метчик начинает вращаться. После нарезания резьбы и прекращения нажатия на корпус механизм резьбонарезателя включает реверсивное вращение метчика и он с удвоенной скоростью вывертывается из отверстия.

Применение резьбонарезателей повышает производительность в 5–10 раз по сравнению с ручным нарезанием резьбы.

В серийном и массовом производствах резьбу нарезают на резьбонарезных станках.

## **10.5. Нарезание наружной резьбы**

Наружная метрическая, дюймовая и трубная цилиндрическая и коническая резьбы нарезаются вручную или на станках плашками.

При нарезании резьбы плашкой надо помнить, что в процессе резания поверхностные слои стержня заготовки испытывают пластическую деформацию и диаметр стержня увеличивается. Поэтому при выборе диаметра стержня под наружную резьбу необходимо руководствоваться следующим: если диаметр выполнен больше требуемого, то увеличивается давление на зубья плашки, что приводит к срыву резьбы либо поломке зубьев плашки. При значительно меньшем диаметре стержня резьба не будет иметь полного профиля. Для получения качественной резьбы диаметр стержня выбирают из табл. 10.2 или принимают на 0,1...0,3 мм меньше наружного диаметра резьбы.

На конце стержня снимают направляющую фаску и сам стержень зажимают в тисках так, чтобы нарезаемая часть располагалась на 15...20 мм выше уровня губок тисков.

Таблица 10.2

## Диаметры стержней под резьбу при нарезании плашками

Диаметр резьбы, мм	Шаг $P$ , мм	Наибольший диаметр стержня, мм	Допуск, мм
2	0,4	1,94	-0,06
3	0,5	2,94	-0,06
4	0,7	3,92	-0,08
5	0,8	4,92	-0,08
6	1,0	5,92	-0,08
8	1,25	7,90	-0,10
10	1,5	9,90	-0,10
12	1,75	11,88	-0,12
14	2,0	13,88	-0,12
16	2,0	15,88	-0,12
18	2,5	17,88	-0,12
20	2,5	19,88	-0,14

Круглую плашку устанавливают в плашкодержатель — вороток для круглых плашек (рис. 10.21), имеющий в корпусе 1 гнездо 3 для плашки и нарезанные отверстия с винтами 2 для ее крепления. Для этого на цилиндрической поверхности плашки имеются конические углубления и клиновой паз. Затем закрепляют плашку в плашкодержателе стопорными винтами. Перед нарезанием необходимо смазать стержень машинным маслом, наложить плашку на конец стержня и, нажимая на корпус плашкодержателя ладонью правой руки,

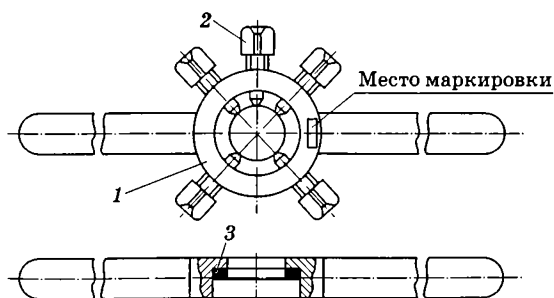


Рис. 10.21. Плашкодержатель:

1 — корпус; 2 — винты; 3 — гнездо

левой вращать его за рукоятку по ходу часовой стрелки до врезания плашки в стержень на два-три витка. Убедившись, что плашка соосна стержню, продолжают плавное вращение плашкодержателя обеими руками за рукоятки так, как при нарезании метчиком, т.е. один-два оборота вправо и пол-оборота влево (рис. 10.22). При нарезании следует периодически смазывать стержень СОТС.

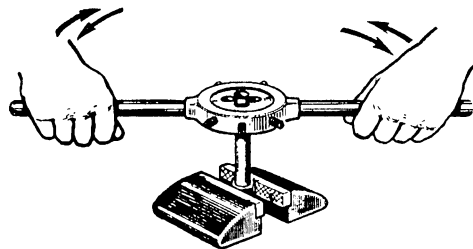


Рис. 10.22. Нарезание резьбы плашкой

Снимают плашку со стержня вращением в обратную сторону.

Качество нарезанной резьбы проверяют резьбовыми калибр-кольцами и резьбовыми шаблонами (рис. 10.23).

Круглыми плашками резьбу нарезают за один проход. Для получения более качественной резьбы диаметром свыше 12 мм ее рекомендуется нарезать сначала частично изношенной плашкой (черновой), а затем новой (чистой).

Плашками нарезают резьбу по 8-му и 9-му квалитетам точности.

При массовом изготовлении болтов, шпилек, винтов резьба на них нарезается на резьбонарезных и резьбонакатных станках. Нарезаемый стержень 3 (рис. 10.24) устанавливается между подвижной 2 и неподвижной 1 плашками, представляющими собой пластины с развернутыми витками резьбы. При перемещении подвижной плашки на стержне, прокатываемом между плашками, выдавливается резьба.

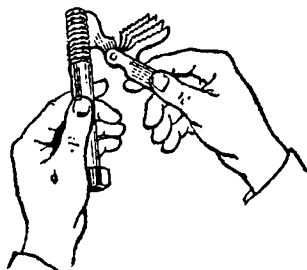


Рис. 10.23. Контроль шага резьбы шаблоном

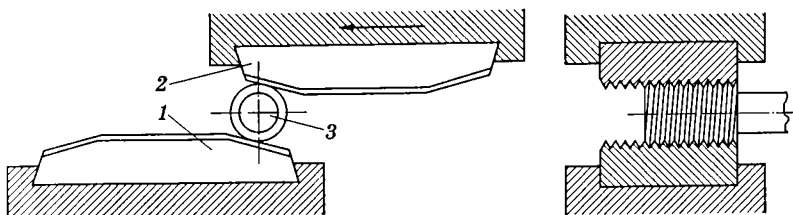


Рис. 10.24. Схема накатывания резьбы на накатном станке:

- 1 — неподвижная плашка; 2 — подвижная плашка;  
3 — обрабатываемый стержень

Наружную резьбу на трубах нарезают *клубом* (рис. 10.25), состоящим из корпуса 2, длинных рукояток 1, четырех плоских резьбовых плашек (гребенок) 3, которые могут одновременно сближаться к центру или расходиться от него при повороте планшайбы 4. Благодаря этому одним и тем же клубом можно пользоваться для нарезания труб разных диаметров. Плашки 3 в зависимости от диаметра трубы устанавливают вращением

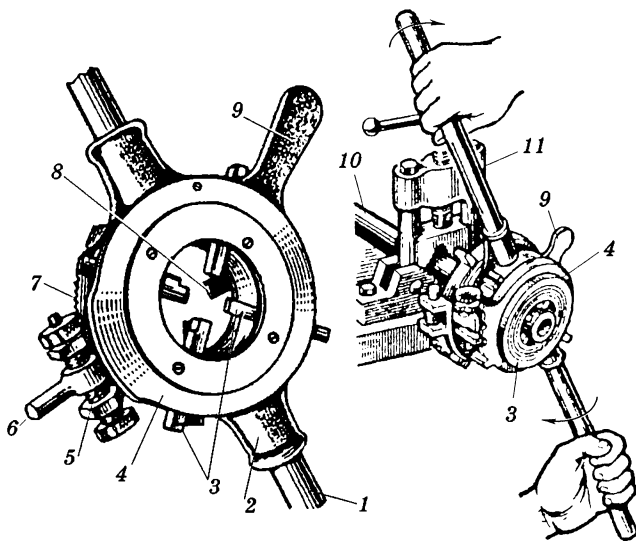


Рис. 10.25. Клуб трубный:

- 1 — рукоятки; 2 — корпус; 3 — плашки; 4 — планшайба; 5 — червяк;  
6 — рычаг; 7 — зубчатый сектор; 8 — направляющие планки; 9 — рукоятка планшайбы; 10 — труба; 11 — трубный зажим



червяка 5, находящегося в сцеплении с зубчатым сектором 7, а после установки нужного диаметра стопорят нажимом рычага 6. Точная установка резьбовых плашек на нужный диаметр осуществляется по делениям нониуса на корпусе клуппа. Кроме четырех резьбовых плашек 3 в корпусе клуппа установлены направляющие планки 8, которые обеспечивают устойчивое положение клуппа на трубе при нарезании резьбы. К клуппу прилагается несколько комплектов плашек, допускающих нарезание трубных резьб диаметром от  $1\frac{1}{3}''$  до  $3''$ .

Нарезание трубной резьбы клуппом осуществляется в таком порядке:

- 1) устанавливают необходимую плашку в клупп;
- 2) закрепляют трубу в трубном прижиме и смазывают нарезаемую часть маслом;
- 3) устанавливают клупп на трубу, сближают плашки и застопоривают их нажимом рычага;
- 4) вращают клупп вокруг трубы в четыре приема, т.е. за каждый прием поворачивают его примерно на  $90^\circ$ ;
- 5) резьбу нарезают за несколько проходов (для диаметров до  $1''$  — в два прохода, а для диаметров больше  $1''$  — в три);
- 6) нарезав резьбу, клупп не свертывают с трубы, а рукояткой 9 планшайбы 4 раздвигают плашки 3, и тогда клупп свободно снимается с трубы.

## **Брак при нарезании резьбы. Организация рабочего места**

### **10.6. и безопасность труда**

При нарезании резьбы встречаются различные виды брака. Наиболее распространенные из них — поломка метчика в отверстии детали, рваная резьба, неполная резьба, срыв резьбы.

Поломка метчика в отверстии может произойти из-за невнимательности слесаря, работы затупившимся метчиком, забивания канавок метчика отходящей стружкой. При поломке метчика требуются большие затраты времени на его извлечение. Кроме того, это портит резьбу, а иногда приводит

к браку детали. Для предотвращения поломки необходимо работать внимательно, пользоваться исправным и острым метчиком, чаще вынимать его из отверстия для удаления стружки.

Слесарю следует знать способы извлечения сломанных метчиков из отверстий:

- если сломанный метчик выступает из отверстия, его удаляют путем вывинчивания плоскогубцами или ручными тисочками за выступающий конец. Можно выполнить сварку хвостовика с обломком метчика, а затем вывернуть его воротком или гаечным ключом (рис. 10.26, а);

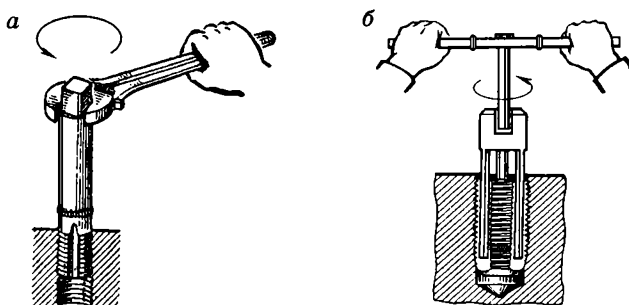


Рис. 10.26. Удаление сломанного метчика:

а — ключом; б — с помощью оправки

- если сломанный метчик не выступает из отверстия, его удаляют с помощью оправки (рис. 10.26, б), имеющей три-четыре торцовых выступа, которые заводят в канавки обломка метчика. Вращая оправку, вывинчивают эту сломанную часть метчика;

- если небольшой обломок метчика не удастся вытащить из отверстия, его дробят на мелкие куски закаленным пробойником, напоминающим кернер, и извлекают из отверстия.

Перед извлечением сломанных метчиков из детали в отверстие заливают керосин, чтобы облегчить удаление.

Можно попытаться удалить сломанный метчик путем высверливания. Для этого метчик отжигают пламенем газовой горелки, затем выравнивают торец, накернивают центр

и высверливают сердцевину метчика. Оставшиеся режущие перья удаляют бородком.

Рваная резьба получается при работе тупым метчиком или тупой плашкой, при отсутствии смазки и неправильной установке метчика или плашки относительно нарезаемой детали.

Для предупреждения брака следует применять правильно заточенные острые метчики и плашки, пользоваться смазкой и устанавливать режущий инструмент без перекосов.

Неполная резьба получается тогда, когда диаметр отверстия под резьбу больше, чем это требуется для данных условий работы (материала детали и размера резьбы), а также когда диаметр стержня под резьбу меньше указанного на чертеже. Правильно выбранный и выполненный диаметр отверстия для внутренней резьбы и диаметр стержня для наружной резьбы исключают брак этого вида.

Срыв резьбы происходит в случаях, когда диаметр просверленного отверстия под резьбу меньше требуемого либо диаметр стержня под наружную резьбу больше, чем это предусмотрено, а также когда применяется тупой метчик или тупые плашки, когда стружка забивается в канавки. Для устранения срыва резьбы необходимо правильно выбирать диаметры отверстия и стержня, применять метчики и плашки с острыми режущими кромками, чаще очищать их от стружки.

Для того чтобы резьбонарезной инструмент мог работать длительное время, необходимо правильно и аккуратно хранить его. Метчики хранят в специальных устройствах с гнездами, куда они вставляются хвостовиками. Плашки хранят в футлярах или подвешивают на специальных щитах. После работы метчики и плашки необходимо протирать и смазывать, а при затуплении — направлять на заточку.

При нарезании резьбы метчиком на станке следует соблюдать требования безопасности. При нарезании резьбы метчиками и плашками вручную в деталях с сильно выступающими острыми частями надо следить за тем, чтобы при повороте воротка не поранить руки.

При использовании электро- и пневмонарезателей необходимо соблюдать соответствующие правила безопасности.

### Вопросы и задания для самоконтроля

1. Что такое нарезание резьбы?
2. Как образуется винтовая поверхность?
3. Назовите основные элементы резьбы.
4. Какие профили резьб применяют в машиностроении?
5. В каких случаях применяют метрические резьбы и какие параметры их характеризуют?
6. Чем дюймовая резьба отличается от метрической?
7. Дайте классификацию резьб.
8. Какой инструмент применяют для нарезания внутренних резьб?
9. Каковы устройство метчика и их виды?
10. Почему ручные метчики изготавливают комплектами из двух-трех штук?
11. В каких случаях применяются метчики с винтовыми канавками?
12. Почему у метчиков с винтовыми канавками для нарезания резьбы в глухих отверстиях наклон канавок правый, а для нарезания в сквозных отверстиях — левый?
13. От чего зависит точность нарезаемой резьбы?
14. Как выбирается диаметр сверла под внутреннюю резьбу и диаметр стержня под наружную резьбу?
15. Какая точность резьбы достигается при нарезании резьбы вручную?
16. Опишите приемы нарезания внутренней резьбы метчиком вручную.
17. Назовите СОТС, применяемые при нарезании резьбы.
18. Опишите приемы нарезания внутренней резьбы на сверлильном станке и с помощью резьбонарезателей.
19. Назовите способы удаления сломанных метчиков.
20. Объясните конструкцию инструмента для нарезания наружной резьбы.
21. Опишите приемы нарезания наружной резьбы круглой и подвижной призматической плашками.
22. Как называется наружная трубная резьба с помощью клуппа?
23. Перечислите основные виды брака при нарезании резьбы и назовите способы его предупреждения.
24. Как контролируют резьбы?
25. Опишите организацию рабочего места и требования безопасности при нарезании резьбы.

### 11.1. Распиливание

---

*Распиливание* — операция по обработке отверстий и приданию им необходимых размеров и форм.

При изготовлении деталей часто появляется необходимость обработки отверстий различных размеров и форм (квадратных, прямоугольных, фасонных и т.д.). Обработку отверстий производят на металлорежущих станках или вручную (распиливанием) с применением напильников и надфилей. Круглые и овальной формы отверстия распиливают круглыми и полукруглыми напильниками, квадратные и прямоугольные отверстия — квадратными и плоскими, трехгранные отверстия — трехгранными, ножовочными и ромбическими и т.д. Размер напильников для всех случаев распиливания подбирают так, чтобы они свободно входили в обрабатываемое отверстие. Ширина рабочей части напильника должна составлять 0,5–0,7 стороны распиливаемого отверстия. При обработке углов, узких пазов, а также в труднодоступных местах применяют надфили различных типов. По применяемому инструменту и приемам распиливание является разновидностью опилования. Но так как распиливание связано с обработкой внутренних контуров деталей, доступ к которым затруднен, работы по распиливанию отличаются большей сложностью, требуется больше времени на обработку.

Данная операция выполняется в тисках, как и опилование. Распиливанию предшествует ряд подготовительных операций: разметка отверстий и предварительное удаление металла (сердцевины), находящегося внутри контура отверстия.

Поскольку отверстия и пазы имеют контуры, расположенные в одной плоскости, то приходится выполнять в основном плоскостную разметку, приемы которой описывались ранее.

Излишний металл вырезается, вырубается или высверливается. При больших размерах отверстия и небольшой толщине заготовки сердцевина вырезается ножовкой. Для этого по углам сверлят отверстия (рис. 11.1), заводят туда ножовочное полотно, собирают ножовку и вырезают сердцевину (на рисунке показано штриховой линией).

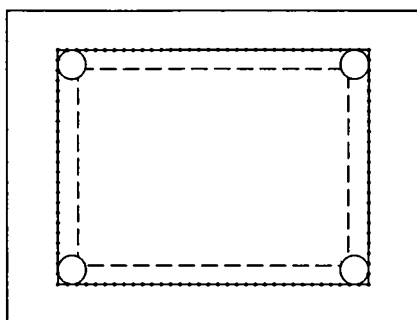


Рис. 11.1. Контуры вырезания сердцевины отверстия с помощью слесарной ножовки

Отверстия средних размеров высверливают по контуру сверлом диаметром 3...5 мм вблизи разметочных линий (рис. 11.2, а), затем крейцмейселем прорубают оставшиеся перемычки с обеих

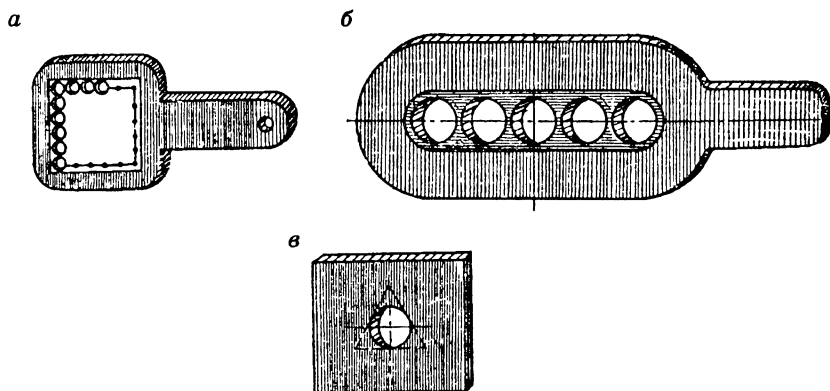


Рис. 11.2. Способы удаления сердцевины отверстия:  
а — высверливанием; б — засверливанием сверлом вдоль отверстия;  
в — сверлением

сторон детали. Узкие пазы и отверстия засверливают по их длине сверлом (рис. 11.2, б), не доходя до разметки 0,5 мм. Для распиливания небольших отверстий достаточно просверлить одно отверстие диаметром, на 0,3...0,5 мм меньшим диаметра вписанной окружности (рис. 11.2, в).

При распиливании отверстий в заготовке из листового металла толщиной до 3 мм сердцевину отверстия можно удалить вырубанием с помощью зубила.

После того как сердцевина удалена, приступают к распиливанию отверстия. Если сердцевина удалялась сверлением одного отверстия, следует прежде всего прорезать углы трехгранным или квадратным напильником. Если металл удалялся путем обсверливания по контуру, надо сначала убрать напильником оставшиеся перемычки.

Операцию начинают с черного распиливания, не доходя до контурных рисок отверстия 0,25...0,5 мм. Затем используют личные и бархатные напильники, с помощью которых обеспечиваются нужные размеры и форма отверстия.

При распиливании отверстий в небольших по размеру заготовках с узкими, плоскими и прямолинейными поверхностями удобно использовать *наметки* различного вида (рис. 11.3). Они позволяют надежно закрепить заготовку, правильно распилить нужное отверстие и облегчают работу слесаря. Заготовку с отверстием устанавливают по разметочной риске на одну из закаленных пластин наметки и закрепляют винтами. Затем наметку с заготовкой зажимают в слесарных тисках

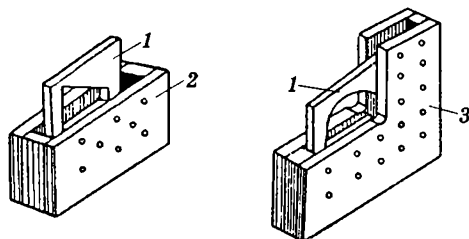


Рис. 11.3. Распиливание в наметках:

1 — заготовка; 2 — рамочная наметка;

3 — угловая рамочная наметка

и выполняют распиливание до соприкосновения напильника с верхними плоскостями закаленных пластин наметки.

Особого внимания при распиливании требует обработка углов. Когда надо обработать угол без закругления внутри, работают трехгранными и ножовочными напильниками или надфилями.

Размеры и формы отверстия контролируют штангенциркулем, лекальной линейкой, угломером и т.д. Удобнее всего выполнять подобный контроль с помощью плоского контрольного вкладыша и щупа. Контрольный вкладыш изготавливают из листового металла, и он должен точно соответствовать распиливаемому отверстию по форме и размерам (рис. 11.4, а). Заготовку распиливают так, чтобы вкладыш входил в ее отверстие плотно и без перекоса. В зазор между сторонами отверстия и вкладыша вставляется щуп. Величина зазора не должна превышать 0,05 мм.

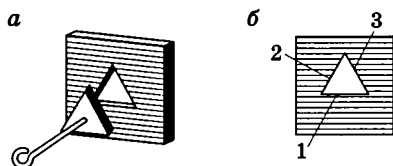


Рис. 11.4. Распиливание трехгранного отверстия:  
а — проверка вкладышем; б — последовательность  
распиливания сторон отверстия

На рис. 11.4, б показана последовательность распиливания трехгранного отверстия. В процессе распиливания контроль в углах удобно проводить с помощью небольших шаблонов — *выработок*.

По окончании распиливания с обеих сторон отверстия снимаются фаски.

Таким образом, распиливание выполняется следующим образом:

- 1) разметка на заготовке будущего отверстия;
- 2) удаление сердцевины в заготовке;
- 3) черновое, а затем чистовое распиливание;
- 4) контроль распиливания.



Применение механизированных приспособлений и опилочных станков значительно ускоряет процесс распиливания. На рис. 11.5 показано распиливание прямоугольного отверстия на опилочном станке. Заготовка устанавливается на столе станка, а напильник вводится в отверстие и в процессе распиливания совершает возвратно-поступательные движения.

Для распиливания могут использоваться ручные машинки с электрическим и пневматическим приводом. При этом применяют вращающиеся напильники (борнапильники) или абразивные (шлифовальные) головки.

Основные виды брака при распиливании: не выдержан размер отверстия, недостаточная шероховатость обработанной поверхности, повреждение боковых сторон деталей при закреплении в тисках без нагубников. Все это является следствием невнимательной работы, недостаточно частого контроля при обработке, невыполнения правил закрепления обрабатываемых изделий.

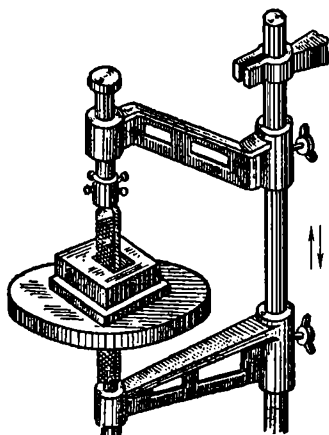


Рис. 11.5. Распиливание на опилочном станке

## 11.2. Пригонка

*Пригонкой* называется обработка одной детали по имеющейся другой для их соединения. Данная операция широко применяется в ремонтном деле, а также в единичном сборочном производстве. Для пригонки необходимо, чтобы одна из деталей была совершенно готовой: по ней ведут пригонку.

Когда по имеющемуся вкладышу обрабатывается сквозное отверстие, применяют обычное распиливание.

Если по готовому отверстию приходится пригонять вкладыш, работа сводится к обычному опиливанию. В случае при-

гонки по большому числу поверхностей сначала обрабатывают две сопряженные базовые стороны, затем остальные для получения нужного сопряжения. Если вкладыш подгоняют по двум поверхностям, то сначала обрабатывают одну из них, добиваясь плоскостности, а затем параллельную сторону до сопряжения вкладыша с проёмом с нужной посадкой. Детали должны входить одна в другую без качки, свободно. Если изделие на просвет не просматривается, то окончательную пригонку ведут *«на краску»*. Иногда на подгоняемых поверхностях и без краски можно различить следы трения одной поверхности о другую. Следы, имеющие вид блестящих пятен («светлячки»), показывают, где надо выполнить окончательную пригонку детали в сопряжении. Эти места удаляют напильниками либо надфилями, добиваясь или отсутствия блеска, или равномерного блеска по всей поверхности. Наибольшей точности пригоночных работ можно достичь при контроле *«на блеск»* (по «светлячкам»).

При любых пригоночных работах нельзя оставлять на деталях острые ребра и заусенцы, их следует сглаживать личным или бархатным напильником.

Пригонка напильником и надфилем — одна из сложнейших слесарных операций, так как обработку приходится выполнять в труднодоступных местах. Целесообразно производить эту операцию на опилочно-зачистных станках с помощью борнапильников и шлифовальных борголовков.

### 11.3. Припасовка

*Припасовкой* называется точная взаимная пригонка деталей, соединяющихся без зазоров при любых перекантовках.

Припасовка характеризуется высокой точностью обработки (0,002 мм), что необходимо для беззазорного сопряжения деталей; обработкой обеих деталей сопряжения, которые припасовываются совместно; обеспечением беззазорного соединения деталей не в одном положении, а при всех возможных перекантовках.

Припасовывают как замкнутые, так и полузамкнутые контуры. Из двух припасовываемых деталей (рис. 11.6) деталь с отверстием принято называть *проймой*, а деталь, входящую в пройму, — *вкладышем*. Проймы бывают *открытыми* и *замкнутыми*.

Припасовка выполняется личными и бархатными напильниками, надфилями, а также абразивными порошками и пастами. Она применяется при обработке шарнирных соединений, в инструментальном деле, для изготовления шаблонов и контршаблонов.

**Шаблон** — это калибр, предназначенный для комплексного контроля сложных профилей по *методу «световой щели»*.

**Контршаблон** служит для периодической проверки шаблона (рис. 11.7). Профили шаблона и контршаблона должны точно совпадать при всех их возможных положениях.

Шаблоны и контршаблоны имеют точный профиль. Он состоит из фасонных и прямолинейных участков со сложным взаимным расположением. Доступ к этим участкам, как правило, затруднен. Поэтому контролировать точность изготовления шаблона и контршаблона обычными универсальными измерительными средствами невозможно. В связи с этим сначала изготавливают ту из сопряженных деталей, профиль которой можно контролировать универсальными измерительными средствами, а затем по ней изготавливают другую.

В процессе припасовки пользуются *методом симметричного удвоения ошибок*, который заключается в следующем. Предположим, что припасованы симметричный шаблон и контршаблон (см. рис. 11.7) одной стороной так, что сопрягаются без зазоров, но при этом допущена ошибка, не заметная визуально. Если повернуть одну из деталей на  $180^\circ$ , ошибка

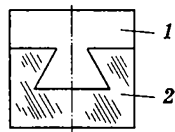


Рис. 11.6. Припасовываемые детали:

1 — вкладыш;  
2 — пройма



Рис. 11.7. Шаблоны:  
1 — радиусный;  
2 — контршаблон

обнаружится по просвету. Этот метод обеспечивает высокую точность припасовки симметричных деталей.

Припасовка выполняется в такой последовательности:

1) по разметке обычными способами предварительно обрабатывают обе сопряженные детали независимо друг от друга;

2) окончательно обрабатывают профиль той из них, у которой его можно в процессе изготовления контролировать универсальными измерительными средствами;

3) начинают собственно припасовку. Профили сопрягаемых поверхностей накладывают друг на друга и прижимают с небольшой силой. На обрабатываемой поверхности методом «световой щели» определяют выступающие места, препятствующие плотному прилеганию сопрягаемых контуров;

4) оценивают величину выступов, а затем опиливают их бархатными напильниками, надфилями, притирают или окончательно полируют. Эти операции повторяют до тех пор, пока не будет достигнута полное прилегание сопрягаемых поверхностей.

Рассмотрим последовательность изготовления шаблона и контршаблона (рис. 11.8). При обработке проймы (шаблона) сначала точно опиливают широкие плоскости, как базовые поверхности, затем начерно ребра 1, 2, 3 и 4 (рис. 11.8, а), после чего размечают циркулем полуокружность, вырезают ее ножовкой (на рисунке показано штриховой линией). Далее производят точное опиление полукруглой выемки (рис. 11.8, в) и проверяют точность обработки калибр-пробкой или валиком, диаметр которого примерно на 0,1 мм меньше требуемого, чтобы обеспечить припуск на припасовку. Затем изготавливают вкладыш. Сначала опиливают широкие поверхности, а потом ребра 1, 2, 3 и 4 (рис. 11.8, б). Далее размечают и вырезают ножовкой углы. После этого производят опиление ребер 5 и 6, а также выпуклой радиусной поверхности. Затем выполняют точное опиление и припасовку вкладыша к пройме.

При совмещении проймы и вкладыша между ними образуется серповидный зазор по радиусной поверхности (рис. 11.8, г). Осторожно снимают металл с мест, где имеется контакт. Зазор

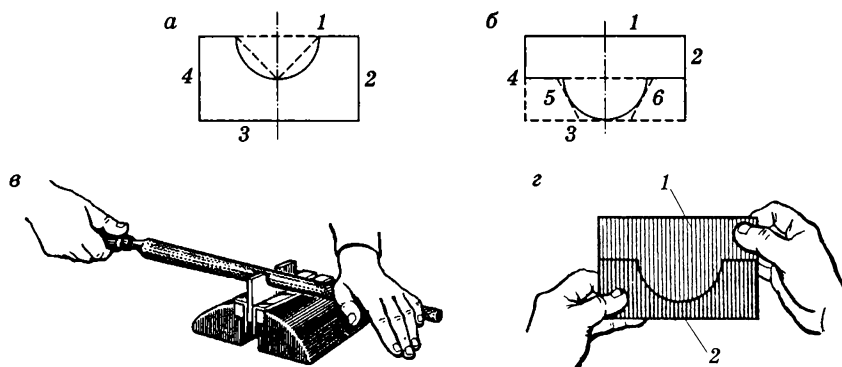


Рис. 11.8. Припасовка радиусного шаблона:

*а* — последовательность обработки проймы; *б* — последовательность обработки вкладыша; *в* — опилование проймы; *г* — проверка проймы вкладышем (1 — вкладыш; 2 — пройма)

будет уменьшаться и в отдельных местах начнет исчезать; останутся небольшие местные просветы. Обработку ведут до полного их исчезновения. Затем шаблоны перекаптовывают и, если появится просвет, вновь обрабатывают, пока они не будут соединяться без зазора в любом положении.

Припасовка углового шаблона для заточки резцов и контршаблона к нему (рис. 11.9) выполняется в следующем порядке:

1) заготовки для обоих шаблонов обрабатывают со всех сторон, плоскость *A* и боковые стороны опиляют по наметке с обеспечением их прямолинейности и взаимной перпендикулярности, поскольку они будут базами при разметке;

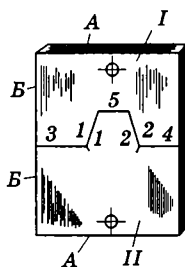


Рис. 11.9. Припасовка резбового шаблона и контршаблона:

*A, B* — базы; *I* — шаблон; *II* — контршаблон;  
1, 2, 3, 4, 5 — припасовываемые поверхности

2) после разметки удаляют лишний металл и по наметке опиливают выступ на контршаблоне;

3) распиливают отверстие в шаблоне, оставляя небольшой по ширине припуск для припасовки. Обработка с применением наметки позволяет получать прямолинейность всех плоскостей и правильный угол;

4) совмещают шаблон и контршаблон и смотрят, насколько совпадают их профили и плечики. При несовпадении боковых сторон профиля осторожно снимают металл, пока профили не совпадут. Если у плечиков 3 и 4 будет равномерный просвет, снимают металл с вершины 5 до исчезновения просвета. Если зазор будет у одного плечика, необходимо дополнительно обработать второе. Контроль ведут по плечикам шаблона. Они расположены в одной плоскости, поскольку обрабатывались одновременно;

5) добившись исчезновения просвета, производят перекантовку, повернув одну из деталей на  $180^\circ$ . Если при этом профили шаблонов из-за некоторой несимметричности снова не совпадут, в местах касания равномерно снимают металл как с профиля, так и с плечиков до тех пор, пока просвет не исчезнет;

6) производят новую перекантовку и обработку до получения беззазорного соединения шаблонов при любой перекантовке.

Более точная припасовка обеспечивается окончательной обработкой деталей с применением абразивных порошков и паст.

Основным видом брака при припасовке является наличие зазоров в сопряжениях деталей. Это результат невнимательности слесаря, его недостаточного профессионализма. Особенно тщательно следует обрабатывать места переходов и углы.

Требования безопасности при распиливании, пригонке и припасовке аналогичны требованиям безопасности при опиливании.

### Вопросы и задания для самоконтроля

1. Какова суть распиливания?
2. В чем заключается подготовка деталей к распиливанию? Как удаляется сердцевина в заготовках перед распиливанием?

3. Опишите последовательность распиливания трехгранного отверстия.
4. Расскажите о последовательности распиливания квадратного отверстия.
5. В чем отличие распиливания от опилования?
6. Как осуществляется контроль распиливания?
7. Каковы основные причины и виды брака при распиливании?
8. В чем суть пригонки?
9. Какие инструменты используют при пригонке деталей?
10. В чем отличие пригонки от распиливания?
11. Опишите последовательность и приемы работы при выполнении пригонки.
12. Как проверяется качество пригоночных работ?
13. В чем суть процесса припасовки?
14. Каковы отличия припасовки от пригонки?
15. Какие материалы и инструмент используют для припасовки?
16. Что такое пройма, вкладыш, шаблон, контршаблон? Какие бывают проймы?
17. Опишите приемы припасовки радиусного шаблона.
18. Какие имеются приемы припасовки углового шаблона?
19. Как осуществляют контроль припасовки?
20. Назовите виды брака и требования безопасности при выполнении пригоночных работ.

### 12.1. Суть притирки и доводки

*Притиркой* называется операция по обработке поверхностей деталей, работающих в паре, с помощью абразивных материалов с целью получения наиболее плотного прилегания поверхностей. Притирка применяется для получения плотных, герметичных соединений в клапанах, кранах, плунжерах, пробках, золотниках и т.д. Притирке подвергаются термически обработанные и не обработанные закалкой детали.

Припуск на предварительную притирку должен составлять 0,02...0,05 мм, на окончательную — 0,003...0,005 мм. Поверхности деталей притирают после окончательной механической обработки — шлифования, тонкого точения, фрезерования, развертывания.

Притирка — один из самых точных методов обработки: достигаемая точность обработки составляет 0,05...0,003 мм, а шероховатость поверхности —  $\sqrt{Ra\ 0,05} \dots \sqrt{Ra\ 0,02}$ . Разновидностью притирки является доводка (тонкая притирка).

*Доводка* — чистовая отделочная операция по обработке деталей абразивными материалами с целью получения точных размеров, правильной геометрической формы и высокой чистоты поверхности. Доводка отличается большой трудоемкостью и точностью работ, поэтому ее применяют для обработки только самых ответственных поверхностей изделий — рабочих поверхностей плоскопараллельных концевых мер длины, лекальных линейек, угольников, шаблонов, штангенциркулей и другого контрольно-измерительного инструмента. Обработанные доводкой поверхности хорошо сопротивляются износу и коррозии.

Припуск на доводку составляет 0,001...0,0025 мм, точность обработки — 5-й и 6-й квалитеты, шероховатость поверхности —  $\sqrt{Ra\ 0,02} \dots \sqrt{Ra\ 0,01}$ .



Суть притирки и доводки заключается в том, что очень мелкие зерна абразивного материала, находящиеся между притираемыми деталями или на поверхности специальных приспособлений — *притиров*, снимают с обрабатываемого изделия мельчайшие неровности, придавая ему нужные точность и чистоту. Это химико-механический способ удаления с обрабатываемой поверхности изделия мельчайших частиц металла.

Различают два вида притирки: *притирку с помощью эталонных поверхностей (притиров)* и *взаимную притирку одной детали по другой*. Притирка может выполняться вручную и механизированным способом.

**Полирование** — это отделка изделий абразивными материалами с целью получения зеркального блеска и красивого вида поверхности без соблюдения точности размеров. Полирование металлов выполняют на полировальных станках быстровращающимися мягкими кругами из фетра или сукна, а также быстровращающимися лентами, на поверхность которых нанесены полировальная паста или мелкие абразивные зерна. В ряде случаев применяется электролитическое полирование.

## 12.2. Абразивные материалы

**Абразивные материалы (абразивы)** — это мелкозернистые кристаллические вещества природного или искусственного происхождения, различающиеся величиной зерен (зернистостью) и твердостью.

Твердые абразивные материалы имеют большую твердость, чем закаленная сталь, мягкие — меньшую.

Природными твердыми абразивными материалами являются корунд естественный, наждак, кварц, кремень и алмаз.

Твердые искусственные абразивные материалы получают в электропечах. К ним относят: электрокорунд нормальный (обозначают 1А), электрокорунд белый (2А), электрокорунд хромистый (3А), монокорунд (4А), карбид кремния черный

(5С), карбид кремния зеленый (6С), карбид бора (КБ), кубический нитрид бора (КБН), эльбор (Л), алмаз синтетический (АС).

Мягкие абразивные материалы также бывают природного и искусственного происхождения. К природным относят тальк, венскую известь, трепел, диатомит, каолин; к искусственным — оксиды хрома, железа и алюминия. Мягкие абразивные материалы оказывают на обрабатываемую поверхность помимо механического еще и химическое воздействие.

Для притирки стали применяют электрокорунд нормальный, белый, хромистый, монокорунд, для обработки чугуна и хрупких материалов — карбид кремния, для обработки твердых сплавов и им подобных — карбид бора и алмаз.

Мягкими абразивными материалами притирают отожженную сталь, чугун, медные и алюминиевые сплавы.

Абразивные порошковые материалы различают по размерам зерен, определяемым номером зернистости. По зернистости они подразделяются на три группы:

1) *шлифзерно* с номерами зернистости 200, 160, 125, 100, 80, 63, 50, 32, 25, 20 и 16 (размер зерен в сотых долях миллиметра);

2) *шлифпорошки* с номерами зернистости 12, 10, 8, 6, 5, 4, 3 (размер зерен в сотых долях миллиметра);

3) *микropорошки* М63, М50, М40, М28, М20, М14, М10, М7, М5 (размер зерен в тысячных долях миллиметра).

Широко применяются для притирки и доводки абразивные и алмазные пасты, представляющие собой композиции из абразивного материала и различных растворителей, а также химических реагентов. Входящие в состав многих паст компоненты типа олеиновой и стеариновой кислот энергично разрушают пленки оксидов, непрерывно образующихся на поверхности детали, ускоряют процесс притирки.

Из мягких абразивных материалов наиболее широко применяют *пасты ГОИ* (Государственный оптический институт), изготавливаемые из оксида хрома (65...80 %), а также растворителей и химических реагентов — керосина, стеарина, силикагеля, расщепленного жира, олеиновой кислоты. Пасты ГОИ выпускаются трех сортов: грубая, средняя и тонкая.

**Грубую пасту** (цвет светло-зеленый) применяют для черновой притирки. Детали после притирки этой пастой имеют матовую поверхность.

**Средняя паста** (цвет зеленый) используется после применения грубой пасты; она значительно улучшает качество поверхности.

**Тонкая паста** (цвет черный с зеленым оттенком) служит для окончательной притирки и доводки, придает поверхности зеркальный блеск.

Каждому виду пасты присваивается номер, соответствующий номеру зернистости абразивного материала. Например, грубая № 40, 35, 30, 25, 20 (размер зерен от 40 до 20 мкм соответственно); средняя № 15, 10 (15...10 мкм); тонкая № 7, 4, 1 (менее 7 мкм).

**Алмазные пасты** выпускаются двенадцати зернистостей и делятся на четыре группы:

1) **крупная** для грубой обработки (красного цвета, размер зерен 0,06...0,1 мм);

2) **средняя** для предварительной доводки (зеленого цвета, размер зерен 0,002...0,04 мм);

3) **мелкая** для окончательной доводки (голубого цвета, размер зерен 0,007...0,014 мм);

4) **тонкая** для тонкой доводки (желтого цвета, размер зерен 0,001...0,005 мм).

Алмазные пасты выпускаются в тубиках и маркируются следующим образом: буква А означает, что порошок изготовлен из алмаза, П — паста, а рядом стоит число, указывающее размер зерна в микрометрах (например, АП100).

Содержание порошкообразного алмаза в пасте составляет 1...3 % (по массе).

По консистенции алмазные пасты делят на *твердые*, *мазеподобные* и *жидкие*. Применяя алмазные пасты, можно получить шероховатость обрабатываемой поверхности  $\sqrt{Ra} 0,04$  и точность обработки до 6-го качества.

Алмазные пасты применяют для притирки, доводки и полирования изделий из твердых сплавов, сталей и неметаллических материалов (стекло, рубин, керамика).

Кроме перечисленных видов паст широкое распространение получила *паста ЛИК*. Она состоит из прокаленного глинозема и связующих веществ (парафина, стеарина, олеиновой кислоты, керосина). Паста предназначена для тонкой доводки и полирования металлов и других материалов.

Для притирки используются следующие СОТС: керосин, легкие минеральные масла, бензин, содовая вода. Для притирки стали и чугуна чаще всего применяют керосин с добавкой 2,5 % олеиновой кислоты и 7 % канифоли, для притирки меди — содовую воду или скипидар. Благодаря СОТС значительно ускоряется процесс притирки, сохраняется острота зерен абразива, увеличиваются точность и качество обработанной поверхности, а также охлаждается поверхность детали.

### 12.3. Притиры

*Притиры* служат для размещения зерен абразивного материала непосредственно в поверхности притира (*шаржируемые*) либо для свободного размещения зерен между притиром и поверхностью обрабатываемой детали (*нешаржируемые*). Шаржируемые притиры изготавливают из мелкозернистого серого чугуна твердостью HB 150...170, конструкционной стали марок Ст2, Ст3, меди, латуни, свинца и алюминия. Нешаржируемые притиры изготавливают из более твердых материалов: чугуна твердостью HB 200...220, закаленной стали, зеркального стекла.

Материал шаржируемых притиров для предварительной притирки должен быть более мягким, чем для чистовой, так как это позволяет вдавливаясь более крупным зернам, что увеличивает производительность обработки. В данном случае применяют медные притиры. Они удерживают крупный абразив гораздо лучше, чем серый чугун. Для окончательной притирки, когда снимается небольшой слой металла, применяют чугунные притиры. Они удерживают в основном самые мелкие зерна и благодаря твердости облегчают обработку. Стальные притиры изнашиваются быстрее, чем чугунные.

Для окончательной притирки и доводки пастами ГОИ с целью получения зеркальной поверхности применяют притиры, изготовленные из стекла «пирекс» или зеркального литого стекла.

Процесс вдавливания абразивного материала в поверхность притира называют *шаржированием*. Существует два способа шаржирования притиров: прямой и косвенный.

При *прямом шаржировании* абразивный порошок насыпается равномерным слоем и вдавливается в притир до начала работы с помощью стального закаленного валика (рис. 12.1, а), если притир плоской формы, либо с помощью двух закаленных плит (рис. 12.1, б), если притир цилиндрической или конической формы. Остаток невнедрившегося абразивного порошка удаляют с поверхности притира волосяной щеткой, а сам притир слегка смазывают соответствующим СОТС. Прямое шаржирование позволяет достигать более качественной притирки деталей.

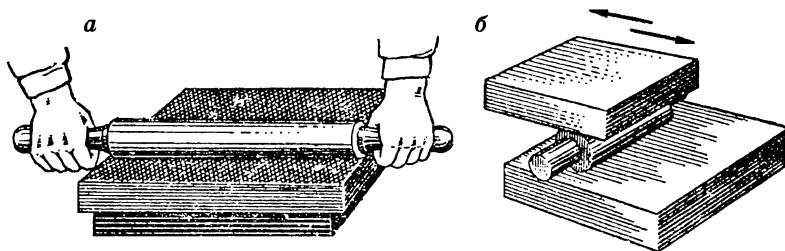


Рис. 12.1. Прямое шаржирование притиров:  
а — плоского; б — цилиндрического

*Косвенное шаржирование* заключается в покрытии притира слоем смазки, посыпании его абразивным порошком и последующем внедрении в притир с помощью обрабатываемой детали в процессе притирки.

При работе нешаржируемыми притирами абразивную смесь или пасту разводят до получения полужидкой массы и наносят зигзагообразными рядами на поверхность притира, предварительно смазанного керосином.

Форма притиров разнообразна и определяется формой обрабатываемой поверхности изделия. В соответствии с этим

различают притиры плоские, цилиндрические, конические, резьбовые и специальные.

**Плоские притиры** изготавливают в виде плит, стержней, брусков. На *плитах* (рис. 12.2, *а*) доводят плоскость. *Бруски* (рис. 12.2, *б*) применяют для доводки узких внутренних граней.

**Притиры-стержни** (рис. 12.2, *в*) имеют форму напильников. Плоские притиры для предварительной обработки имеют канавки глубиной и шириной 1...2 мм на расстоянии

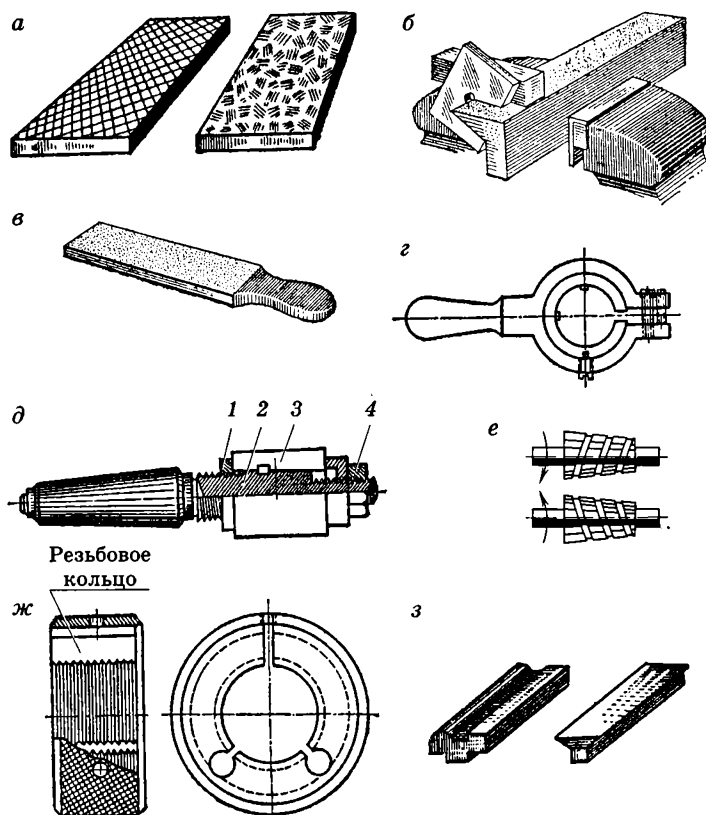


Рис. 12.2. Притиры:

*а* — притир-плита; *б* — притир-брусок; *в* — притир-стержень; *г* — цилиндрический; *д* — регулируемый цилиндрический (1, 4 — гайки; 2 — коническая оправка; 3 — резиновое кольцо); *е* — конический; *ж* — резьбовой; *з* — специальный

10...15 мм друг от друга, в которых собираются остатки абразивного материала. Притиры для окончательной притирки делают гладкими.

**Цилиндрические притиры** (рис. 12.2, г) применяются для притирки цилиндрических наружных поверхностей и представляют собой разрезную втулку, закрепляемую в специальных жимках.

Притиры для доводки отверстий бывают *нерегулируемыми* и *регулируемыми*.

Регулируемые притиры (рис. 12.2, д) состоят из резинового кольца 3, насаженного на коническую оправку 2. Регулируя гайками 1 и 4 положение кольца на оправке, можно изменять размер притира.

Конические отверстия доводят **коническими притирами** (рис. 12.2, е), представляющими собой чугунные оправки. Притир для предварительной обработки имеет специальную канавку. Притир для обработки наружных конических поверхностей представляет собой коническую втулку.

Резьбовые поверхности обрабатывают **резьбовыми притирами**. Внутренние резьбы доводят регулируемыми и нерегулируемыми **резьбовыми валиками**, наружные — регулируемыми **резьбовыми кольцами** (рис. 12.2, ж), устанавливаемыми в обойму или жимки.

**Специальные притиры** (рис. 12.2, з) применяют для притирки поверхностей сложной формы.

Притиры могут быть подвижными и неподвижными. **Подвижные притиры** во время притирки или доводки деталей перемещаются, а деталь остается неподвижной. **Неподвижные притиры** остаются во время работы неподвижными, а притираемая деталь перемещается.

## 12.4. Приемы притирки

Ручную притирку выполняют в следующем порядке:

- 1) выбирают абразивный материал, притир и СОТС;
- 2) подготавливают притир и обрабатываемую поверхность детали;

3) накладывают притир на поверхность детали (деталь на притир) и выполняют ее притирку;

4) контролируют форму, размеры и шероховатость поверхности детали после притирки.

Абразивные материалы выбирают с учетом производительности, качества притирки, а также материала притираемой детали. Для производительной и точной притирки необходимо не только правильно выбрать абразивный материал, но и строго его дозировать. Надо помнить, что при окончательной притирке повышение производительности и качества притирки достигается путем покрытия притира тонким слоем стеарина, разведенного в бензине.

Перед притиркой поверхность заготовки должна пройти предварительную механическую обработку и иметь необходимый припуск. На поверхности притира не должно быть дефектов (царапин, забоин, коррозии), он должен соответствовать форме притираемой детали.

Далее притир шаржируют либо наносят на его поверхность абразивный материал или СОТС.

Плоские поверхности притирают на неподвижных плоских притирах. Изделие перемещают по поверхности притира круговыми движениями (рис. 12.3). Нажим на изделие должен быть равномерным и не очень сильным. Чтобы притир изнашивался равномерно, притираемую деталь перемещают по всей его поверхности. Во избежание коробления при притирке необходимо следить, чтобы обрабатываемая деталь сильно не нагревалась (более  $50^{\circ}\text{C}$ ). После 10–15 круговых движений

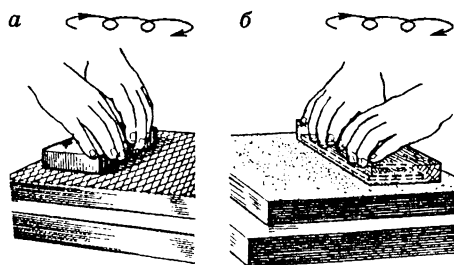


Рис. 12.3. Притирка плоских поверхностей:  
а — предварительная; б — окончательная



по одному и тому же месту притира абразивный материал срабатывается, после чего его удаляют с поверхности чистой тряпкой и заменяют новым.

Различают предварительную (черновую) и окончательную (чистовую) притирки. *Предварительную притирку* выполняют на черновых притирах (рис. 12.3, а), имеющих канавки для размещения изношенного абразива и стружки, а *окончательную притирку* — на чистовых притирах с гладкой рабочей поверхностью (рис. 12.3, б).

Притирку осуществляют сначала грубыми порошками, постепенно переходя к более мелким, а затем грубой, средней и тонкой пастами.

Узкие детали (например, шаблоны, угольники) притирают с помощью приставного бруска, кубика или призмы (рис. 12.4, а) с целью увеличения площади опорной поверхности. Основное усилие необходимо прикладывать к детали, а не к кубику и призме (во избежание их притирки). Притирка узкой детали с радиусной поверхностью показана на рис. 12.4, б. Узкие детали можно притирать пакетом (рис. 12.4, в), для чего детали соединяют струбцинами или заклепками.

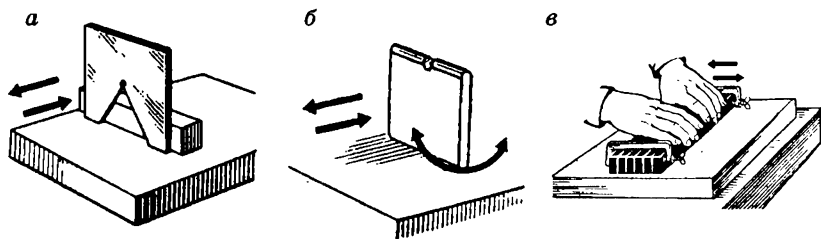


Рис. 12.4. Притирка тонких и узких деталей:  
а — с помощью бруска; б — с радиусной поверхностью;  
в — в пакете

Притирку внутренних конических поверхностей (например, крана, клапанов) выполняют коническими притирами-пробками (рис. 12.5, а). На квадратный хвостовик притира для его вращения надевают вороток (12.5, б). На притир-пробку наносят притирочный материал, затем вводят притир в отверстие крана и с помощью воротка сообщают ему неполные

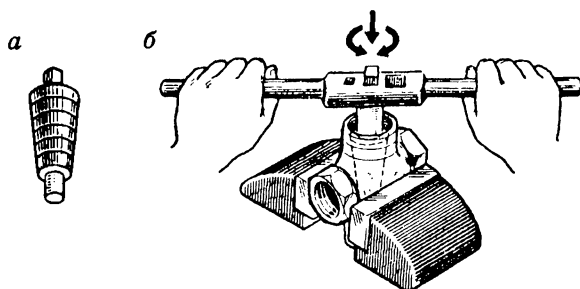


Рис. 12.5. Притирка внутренних конических поверхностей:  
а — притир; б — приемы притирки

обороты то в одну, то в другую сторону, после чего проворачивают вороток на один полный оборот. После 15–20 таких повторяющихся движений абразивный материал заменяют новым. Притирка заканчивается, когда обрабатываемая поверхность станет матовой по всей площади.

Наружные конические поверхности притирают специальными притирами-кольцами с отверстием, соответствующим притираемому конусу.

На рис. 12.6 показана притирка клапана к его седлу с помощью коловорота, а также правильная и неправильная притирка после контроля «на краску».

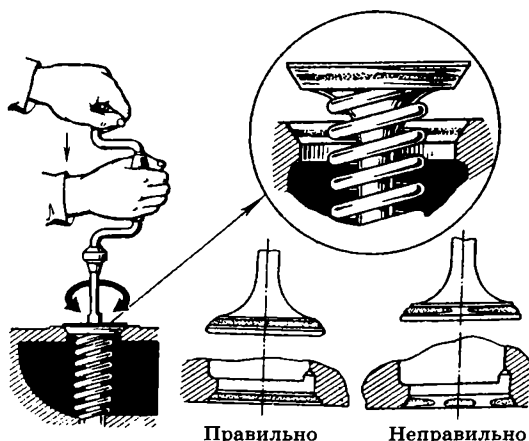


Рис. 12.6. Притирка клапана к седлу с помощью коловорота

Цилиндрические поверхности притирают цилиндрическими притирами. Притираемая деталь либо закрепляется в центре токарного станка и медленно вращается, либо ее удерживают в руках, а притир устанавливают на станок. На рис. 12.7 показан прием такой притирки.

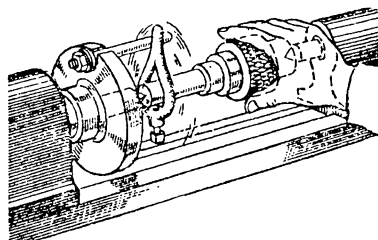


Рис. 12.7. Притирка цилиндрических деталей на токарном станке

Наружную резьбу притирают резьбовыми кольцами, а внутреннюю — цельными резьбовыми оправками, изготовленными из серого чугуна. Резьбу больших диаметров притирают сменными регулируемыми кольцами, установленными на разжимной оправке.

В некоторых случаях предпочтение отдается взаимной притирке одной детали по другой. Этим способом притирают клапаны, краны, пробки, т.е. сопряженные детали, обеспечивающие герметичность. Приемы притирки таких деталей рассмотрены выше.

## 12.5. Механизация притирки

Ручная притирка — очень тяжелая, утомительная и малопродуктивная операция. Поэтому в настоящее время применяются специальные притирочные станки, приспособления и механизированные ручные машинки, а также вращающиеся диски и притирочные головки.

Путем несложной переделки можно приспособить обычный сверлильный станок для притирки различных поверхностей

(рис. 12.8). Для этого надо переделать привод шпинделя. Дополнительно установленный шкив 7 с пальцем 6 соединен рычагом 5 с диском 4, насаженным на шпиндель 3 станка. Этот кривошипный механизм обеспечивает шпинделю возвратно-поворотное движение под углом  $120^\circ$ , т.е. то же движение, что и при ручной притирке. Одновременно перемещение шпинделя вдоль оси рукояткой подачи 2 вызывает перемещение притира 1 вдоль притираемой детали.

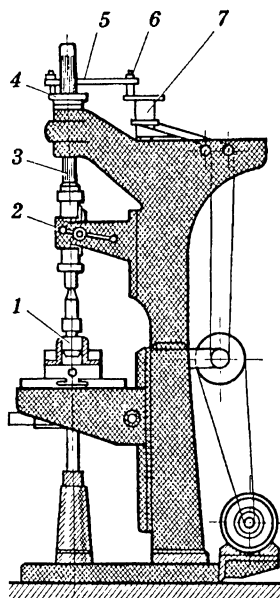


Рис. 12.8. Сверлильный станок, приспособленный для притирки:  
1 — притир; 2 — рукоятка подачи; 3 — шпиндель; 4 — диск; 5 — рычаг;  
6 — палец; 7 — дополнительный шкив

Скорости относительного движения притира и заготовки выбирают с учетом конкретных условий обработки. Предварительную механизированную притирку ведут со скоростью  $v = 0,8 \dots 1,6$  м/с, окончательную — с  $v = 0,2 \dots 0,4$  м/с. Очень большие скорости нерациональны, так как смазка в таких условиях плохо держится на притире и разбрызгивается вместе с абразивом. Чем точнее должна быть притирка, тем меньшую скорость резания принимают.

## Контроль притирки

### 12.6. и основные виды брака

При притирке плоскостность проверяют лекальными линейками по методу «световой щели» или с помощью поверочной плиты «на краску». Точность контроля с помощью лекальной линейки составляет 0,002 мм. При контроле «на краску» на хорошо притертой плоскости краска ложится по всей поверхности равномерно. При более точном контроле плоскостности используется интерференционный метод.

Параллельность плоскости проверяется микрометром, индикатором, рычажно-механическими приборами, измерительными головками, инструментальными микроскопами.

Качество притирки деталей сложного профиля проверяется профильными шаблонами, лекалами по методу «световой щели», а также проекторами. Точность такого контроля составляет 0,001 мм.

Углы проверяют угольниками, угломерами, угловыми мерами, шаблонами, косвенным методом с применением синусной линейки.

Во избежание ошибок при контроле все измерения надо выполнять при температуре 20 °С. Поэтому, прежде чем начинать измерение, необходимо охладить контролируемую поверхность до данной температуры.

Основные виды брака при притирке — негладкая и нечистая поверхность, искажение геометрической формы, неточность размеров, коробление поверхности детали.

Негладкая и нечистая поверхность — результат применения абразивных материалов с крупным зерном и неправильно подобранной смазки. При слишком большом давлении на деталь в процессе притирки на ее поверхности появляются задиры.

Неточные размеры притираемой детали получаются в случае применения неточных притиров, а также несвоевременного контроля в процессе притирки.

Погрешности геометрической формы могут быть вызваны неправильной формой притира, неточной установкой детали

относительно притира, недостаточной площадью опорной поверхности детали.

Коробление поверхности детали возникает при нагреве свыше 50 °С в процессе притирочных работ. Поэтому надо своевременно применять СОТС и делать небольшие перерывы с целью охлаждения детали.

## **Организация рабочего места 12.7. и безопасность труда при притирке**

При выполнении притирки следует соблюдать ряд правил. Порошки и пасты должны храниться в соответствующей таре с четкими надписями, указывающими материал и номер зернистости. То же относится и к смазочным материалам. Притиры необходимо оберегать от ударов; их хранят на специальных стеллажах и закрывают. Рабочее место должно быть хорошо освещено.

В процессе ручной и механизированной притирки необходимо строго соблюдать правила безопасности. Так, например, при ручной притирке не следует слишком раскачивать притир или деталь, поскольку они могут упасть и травмировать ноги работающего. При выполнении механизированной притирки надо соблюдать соответствующие правила электро- и пневмобезопасности.

Нельзя держать руки вблизи вращающегося притира. Нажимать на притираемую поверхность надо плавно. При работе с вращающимся притиром необходимо убедиться в отсутствии его биения. Кроме того, он не должен иметь трещин, неравномерных выработок и других неисправностей.

Обрабатываемые детали и притиры надо крепить в механизированном приспособлении, на станке надежно и устойчиво, чтобы исключить их смещение во время работы. Нельзя очищать притираемую поверхность руками; для этого следует использовать чистую ветошь.

В процессе сухой доводки образуется большое количество мельчайших абразивных и металлических частиц в виде пыли,

поэтому рабочие места оборудуют вентиляцией, а рабочие должны надевать защитные очки.

При выполнении притирки необходимо соблюдать пожаробезопасность, так как в качестве СОТС используют легко воспламеняющиеся жидкости (бензин, керосин и др.).

### Вопросы и задания для самоконтроля

1. Каковы назначение и суть притирки и доводки? В чем различие между ними?
2. Какие абразивные материалы используются для притирки и доводки? Дайте классификацию абразивных материалов.
3. Аргументируйте выбор абразивного материала для притирки и доводки.
4. Что используется в качестве СОТС для притирочных работ? Какое влияние оказывают СОТС на процесс притирки?
5. Как классифицируют притиры? Назовите виды и материалы притиров.
6. Как выбирают притиры?
7. Назовите виды притирки.
8. Каковы суть и виды шаржирования притира?
9. Назовите приемы притирки плоских, фасонных, цилиндрических и конических поверхностей, а также резьбовых деталей.
10. В каких случаях применяется притирка двух деталей друг к другу?
11. Расскажите о механизации притирочных работ.
12. Как осуществляется контроль качества притирки?
13. Какие дефекты наиболее часто встречаются при притирке? Каковы их причины?
14. Как рационально организовать рабочее место при выполнении притирочных и доводочных работ?
15. Назовите требования безопасности при притирке.

# 13

## ШАБРЕНИЕ

---

### 13.1. Суть и назначение шабрения

---

*Шабрение* — слесарная отделочная операция по обработке незакаленных поверхностей деталей путем соскабливания тонких стружек с помощью шаберов. Эта операция применяется при выполнении сборочных и ремонтных работ, когда требуется обеспечить хорошее прилегание сопрягаемых поверхностей и герметичность соединения. Шабрением обрабатывают вручную и на станках прямолинейные и криволинейные поверхности таких деталей, как направляющие станин, суппортов, а также вкладыши подшипников скольжения, поверхности поверочного инструмента — плит, угольников, линеек с широкой рабочей поверхностью и др.

В практике слесарных, слесарно-сборочных и ремонтных работ шабрение составляет 20...25 %. Широкое применение шабрения объясняется особыми свойствами полученной поверхности: шабренная поверхность в отличие от шлифованной или полученной абразивной притиркой более износостойкая, так как не имеет рисок и царапин, остатков абразивных зерен, ускоряющих процесс износа трущихся поверхностей; она лучше смазывается и дольше сохраняет смазывающие вещества благодаря наличию так называемой разбивки этой поверхности на пятна (чередование выступающих и углубленных мест); шабренная поверхность позволяет применять самый простой и доступный способ оценки ее качества — по числу пятен на единицу площади.

Шабрению предшествует обработка резанием, например опилование, шлифование, строгание, фрезерование и т.д. На шабрение оставляют припуск 0,1...0,4 мм. Перед шабрением плоские поверхности обычно припиливают личным напильником с проверкой «на краску» (рис. 13.1). Напильник двигают круговыми движениями, снимая металл с окрашенных



мест. Опиливание ведут осторожно, так как при сильном нажиме на заготовку напильник может оставить глубокие впадины и царапины. После опиливания окрашенных пятен плоскость заготовки снова проверяют на окрашенной поверочной плите, а затем продолжают опиливать новые пятна. Опиливание и проверку чередуют до тех пор, пока не будет достигнута равномерность расположения пятен по всей плоскости заготовки.

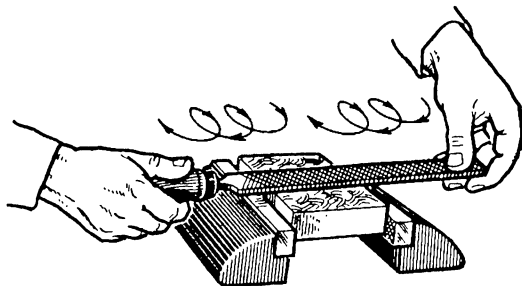


Рис. 13.1. Опиливание поверхности с проверкой «на краску»

Шабрение заключается в следующем. Поверочный инструмент (плиту, линейку) окрашивают тонким слоем краски. На него накладывают и перемещают круговыми движениями обрабатываемое изделие. При этом окрашиваются выступающие места. Для последующего шабрения небольшие детали закрепляют в тисках, крупные заготовки шабрят на месте их установки. Шабер устанавливают под углом  $25...30^\circ$  к обрабатываемой поверхности, правой рукой удерживают за ручку, левой нажимают вблизи режущей кромки. Перемещение шабера вперед является рабочим ходом: его режущее лезвие соскабливает тонкую стружку. Обратный ход — холостой. Убрав все пятна, поверхность изделия очищают от стружки, снова окрашивают и убирают шабером выступающие места. Операцию повторяют до получения нужного количества пятен на единицу площади. Шабрением достигается точность до 30 несущих пятен в квадрате размерами  $25 \times 25$  мм и шероховатость поверхности не более  $\sqrt{Ra} 0,32$ .

## 13.2. Шаберы и их заточка

**Шаберы** — это металлические стержни различной формы с режущими кромками, изготовленные из углеродистой инструментальной стали марок У10 и У12А и закаленные до твердости HRC 56...64. Иногда шаберы оснащают пластинами из быстрорежущей стали или твердого сплава. Шаберы подразделяются следующим образом: по числу режущих концов — на односторонние и двусторонние (рис. 13.2, а, б); по форме режущей части — на плоские, трехгранные, четырехгранные и фасонные; по конструкции — на цельные и со вставными режущими пластинами.

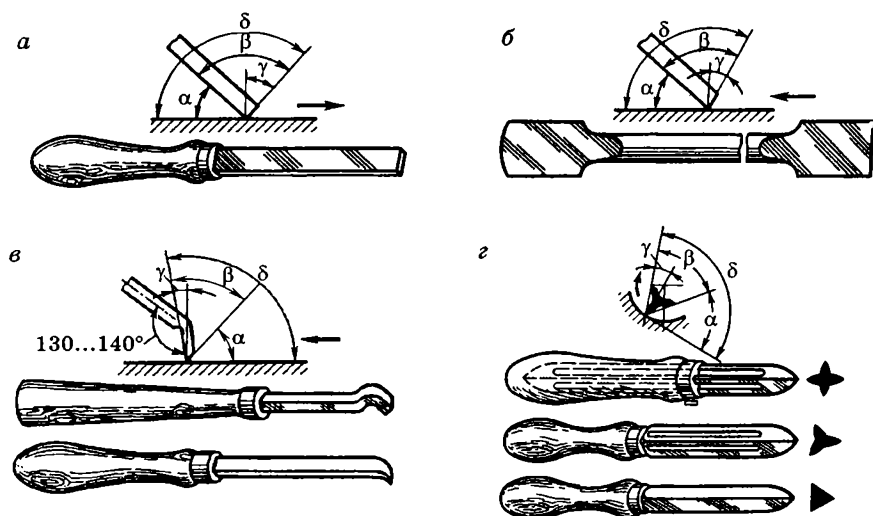


Рис. 13.2. Шаберы:

а — плоский односторонний; б — плоский двусторонний;  
в — с изогнутым концом; г — трех- и четырехгранные

Форму и геометрические параметры режущих кромок шабера выбирают в зависимости от формы и размеров обрабатываемой поверхности и свойств материала заготовки. Так, для шабрения плоских поверхностей применяют *плоские шаберы*

с прямолинейной или радиусной режущей кромкой, криволинейных вогнутых поверхностей — *трехгранные* и *фасонные*. Шабер с прямолинейной режущей кромкой удобнее применять при обработке краев заготовки, так как при работе он не соскакивает с заготовки и не повреждает ее поверхность. При обработке остальной части заготовки применяют плоские шаберы с радиусной режущей кромкой, которые обеспечивают более качественную обработку. У чернового плоского шабера лезвие выпуклой формы имеет радиус кривизны 20...30 мм и ширину 20...25 мм, у получистового — соответственно 30...40 и 12...16 мм, у чистового — 40...55 и 5...10 мм. Толщина шабера 2...4 мм, длина 350...400 мм.

Плоские шаберы изготавливают с прямыми (рис. 13.2, *а, б*) и изогнутыми (рис. 13.2, *в*) концами. Угол заострения плоского чернового шабера 70...75°, чистового 90°.

Трех- и четырехгранные шаберы (рис. 13.2, *г*) применяют для шабления вогнутых цилиндрических поверхностей. Они бывают только односторонними и имеют длину 190, 280, 380 и 510 мм. Для облегчения заточки плоскостей шабер имеет желобки, образующие режущие кромки с углом заострения 60...75° для обработки стали и 75...85° для обработки чугуна и бронзы.

Значительно повышают производительность труда *специальные шаберы* (фасонные, сборные, дисковые и др.).

Фасонные шаберы (рис. 13.3, *а*) выполняются в виде набора стальных пластин различной конфигурации, закрепляемых на державке. Очертания пластин соответствуют форме фасонной поверхности, для шабления которой они предназначены (пазы, канавки, желобки и т.д.).

На рис. 13.3, *б* показан вставной универсальный шабер, позволяющий выполнять работы по шаблению сменными режущими пластинами. Корпус 1 шабера имеет ось, на которой может поворачиваться зажимной кулачок 3. При вращении винта 4 насаженной на него рукояткой 5 кулачок, стремясь повернуться, другим своим концом надежно зажимает сменную режущую пластину 2 из быстрорежущей стали или твердого сплава.

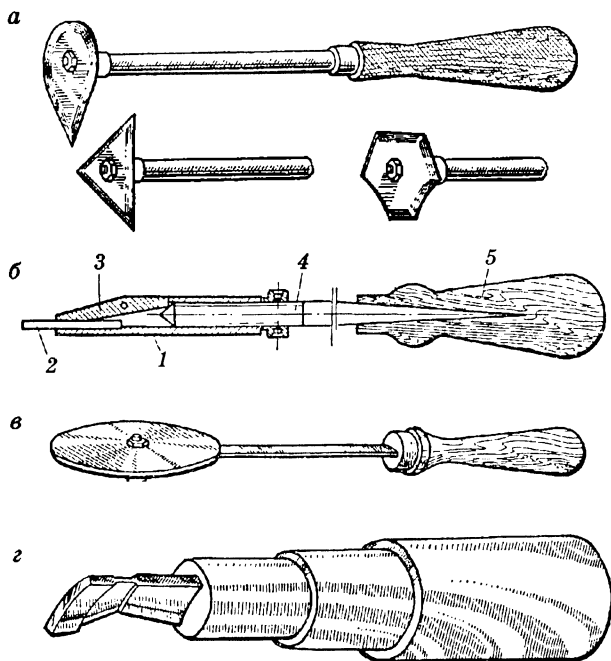


Рис. 13.3. Специальные шаберы:

*а* — фасонный; *б* — универсальный (1 — корпус; 2 — режущая пластина; 3 — кулачок; 4 — винт; 5 — рукоятка); *в* — дисковый; *г* — с радиусной заточкой

Для ускорения ручного шабрения больших плоскостей можно применять дисковый шабер (рис. 13.3, *в*). Его режущей частью является специально изготовленный термообработанный диск, диаметр которого 50...60 мм, а толщина 3...4 мм. Заточенный на круглошлифовальном станке режущий диск закрепляется болтом на державке инструмента. По мере затупления режущей грани диск можно перезакрепить и продолжить работу его новым острым участком, что значительно экономит время и повышает производительность труда.

На рис. 13.3, *г* показан шабер с радиусной заточкой. Он обеспечивает плавное и легкое врезание инструмента в тело детали. Для облегчения физических усилий слесаря на новом шабере вдоль режущих граней затачиваются ленточки. Для предва-

рительного шабрения радиус заточки составляет 30...40 мм, а для окончательного — 40...55 мм.

*Усовершенствованный шабер* (рис. 13.4) состоит из державки, деревянной рукоятки и сменной пластины. Сменная пластина с хвостовиком типа «ласточкин хвост» вставлена в паз державки, что обеспечивает ее надежное крепление.

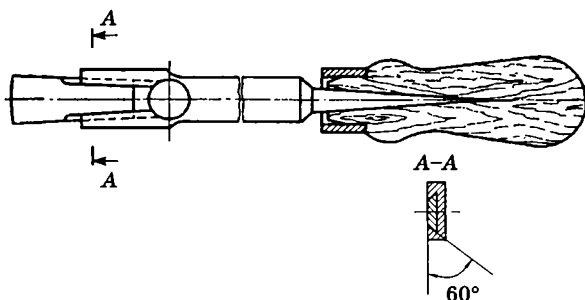


Рис. 13.4. Усовершенствованный шабер

На рис. 13.5 показан наиболее совершенный шабер, состоящий из сменной пластины 1, зажимного патрона 2 и стержня 3. Пластины 4 таких шаберов изготавливают из стали У12А, а стержень — из стали 45. Если шабер предназначен для обработки более твердых материалов, то применяют пластины из твердого сплава ВК6 или Т15К6. Замену затупленной пластины производят путем поворота зажимного патрона. Такая конструкция шабера допускает применение комплекта пластин, заточенных под разными углами.

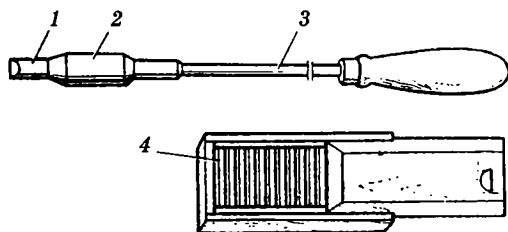


Рис. 13.5. Шабер с зажимным патроном:

1, 4 — сменные пластины; 2 — зажимной патрон; 3 — стержень

**Шаберы-кольца** (рис. 13.6) изготавливают из изношенных конических роликовых подшипников или больших поршневых колец. Эти шаберы заменяют трехгранный и изогнутый шаберы и уменьшают количество переточек. Их затачивают на шлифовальном круге 1 и доводят торец на мелкозернистом круге 2. Они обеспечивают большую производительность, чем трехгранные.

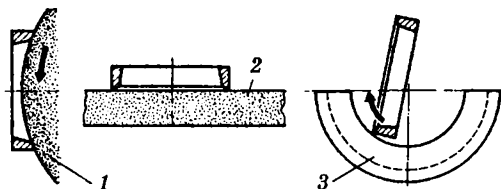


Рис. 13.6. Шабер-кольцо и его заточка:

1 — шлифовальный круг; 2 — мелкозернистый круг; 3 — заготовка

Затачивают плоские шаберы на цилиндрической поверхности мелкозернистого шлифовального круга. Сначала режущую кромку затачивают с торца (рис. 13.7, а), а затем по плоскости (рис. 13.7, б). Нажим инструмента при заточке не

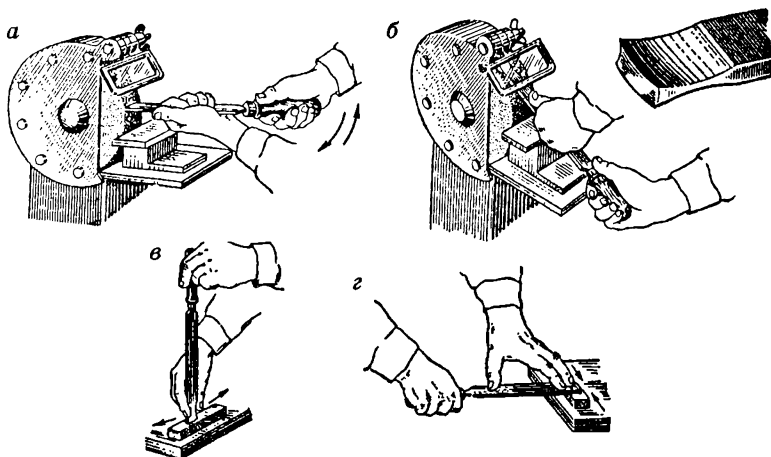


Рис. 13.7. Заточка и доводка плоского шабера:

а — заточка торца; б — заточка плоскости; в — доводка торца;  
г — доводка широких плоскостей

должен быть очень сильным. Затачиваемую рабочую часть периодически охлаждают в воде.

После заточки шабер направляют: его торец (рис. 13.7, *в*) и боковые стороны (рис. 13.7, *г*) доводят на мелкозернистых брусках или чугунных плитах с пастой ГОИ до получения блестящей поверхности без рисок и острых режущих кромок.

Шаберы с пластинами из твердого сплава затачивают на шлифовальных кругах из карбида кремния зеленого и доводят на чугунных притирах порошками карбида бора.

Углы заточки плоского шабера: для обработки стали при черновом шабрении —  $75^\circ$ , при чистовом —  $90^\circ$ , при обработке чугуна и бронзы — соответственно  $90^\circ$  и  $100^\circ$ , для мягких металлов —  $35...40^\circ$ . Геометрия и углы заточки плоского шабера показаны на рис. 13.8.

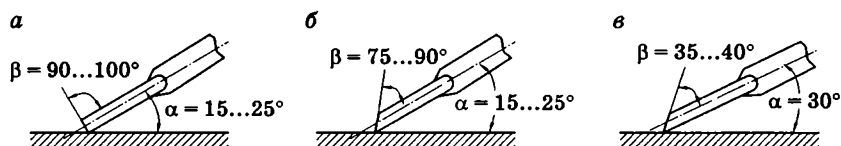


Рис. 13.8. Геометрия и углы заточки плоского шабера:

*а* — для чугуна и бронзы; *б* — для стали; *в* — для мягких металлов

Трехгранный шабер затачивают под углом  $60...75^\circ$  для обработки стали и  $75...85^\circ$  для обработки чугуна и бронзы. При заточке шабер держат правой рукой за рукоятку, а пальцем левой руки — за его канавки (желобки), расположенные на боковых гранях, и плавно, с легким нажимом подводят нижнюю поверхность шабера к абразивному кругу (рис. 13.9).

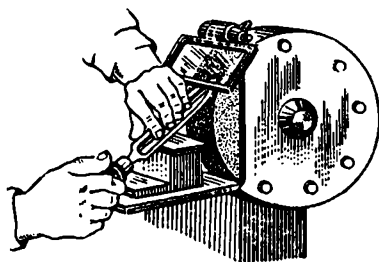


Рис. 13.9. Заточка трехгранного шабера

При движении шабера вперед правая рука плавно опускается вниз, а острый конец шабера поднимается вверх; при движении шабера назад правая рука поднимается вверх, а острый конец шабера опускается вниз до соприкосновения с поверхностью круга. Поворачивая шабер второй, а затем третьей гранью, их затачивают так же, как и первую грань. Шабер периодически охлаждают водой. Затем его доводят на корундовых или наждачных оселках, устойчиво установленных на плите. Поверхность оселка смазывают машинным маслом. Доводку осуществляют легким нажимом левой руки и покачиванием правой рукой при одновременном движении боковой грани вдоль оселка (рис. 13.10). Остальные грани заправляются так же.

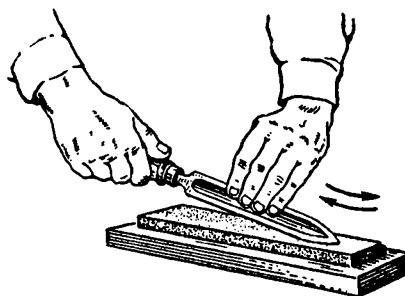


Рис. 13.10. Доводка трехгранного шабера

Повторно шаберы заправляют сразу, как только произойдет небольшое затупление. В среднем за 8 ч работы шабер заправляют 5–8 раз в зависимости от характера шабрения и обрабатываемого материала.

### 13.3. Приемы шабрения

Перед шабрением поверхности заготовок очищают и опиливают «на краску». Краситель представляет собой смесь машинного масла с лазурью, реже — с суриком и синькой (ультрамарином). Лазурь можно заменить сажей, замешанной



на смеси автола с керосином. Краску измельчают так, чтобы между пальцами не ощущались зерна. Затем ее насыпают в баночку и вливают туда машинное масло. Количество масла в смеси должно быть таким, чтобы краска имела консистенцию пасты, но не жидкой.

Краску наносят на поверхность плиты чистым тампоном (рис. 13.11, а). Перед окрашиванием с поверхности заготовки удаляют стружку и грязь волосяной щеткой или чистой тряпкой, деталь осторожно накладывают обрабатываемой поверхностью на поверхность плиты и медленно сдвигают. После двух-трех круговых движений по плите (рис. 13.11, б) деталь осторожно снимают. На хорошо обработанные поверхности краска ложится равномерно (рис. 13.11, в), на плохо подготовленные — неравномерно. В небольших углублениях краска будет скапливаться, а в больших углублениях ее вообще не будет. Так возникают пятна: белые — наиболее углубленные места, не покрытые краской; темные — менее углубленные, в них скапливается краска; серые — наиболее выступающие, на них краска ложится тонким слоем.

При шабрении тяжелых заготовок их оставляют на месте, а на обрабатываемые поверхности накладывают поперечный инструмент для определения выступающих мест (рис. 13.11, г).

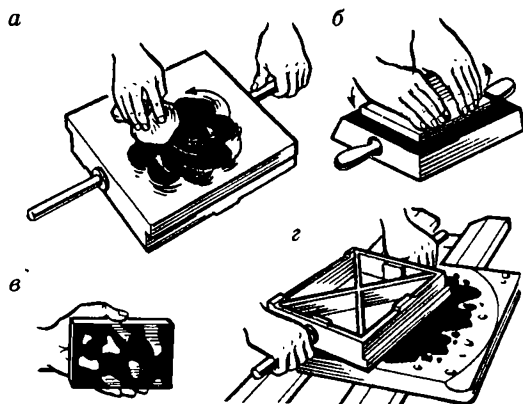


Рис. 13.11. Окрашивание плоских поверхностей при шабрении:  
а — окрашивание плиты тампоном; б — перемещение детали по плите;  
в — деталь после окраски; г — перемещение плиты по детали

Процесс шабрения заключается в постепенном удалении металла с окрашенных участков (серые пятна). При шабрении «от себя» следует держать шабер правой рукой, а ладонью левой руки охватить инструмент посередине, поджав книзу четыре пальца (рис. 13.12, а). Рабочее положение относительно тисков или обрабатываемой заготовки такое же, как при опиливании. Шабер устанавливают под углом  $25...30^\circ$  к шабруемой поверхности. Рабочим ходом при шабрении «от себя» является движение шабера вперед. При холостом ходе (движение назад) шабер приподнимают.

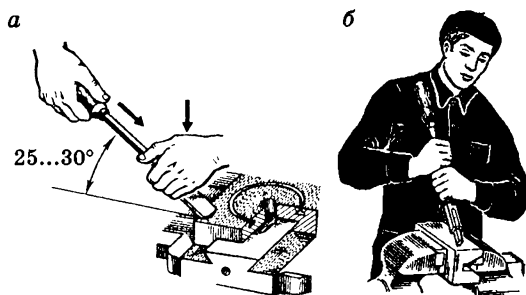


Рис. 13.12 Приемы шабрения плоских деталей:  
а — «от себя»; б — «на себя»

Шабрение «на себя» (метод А.А. Барышникова) применяется для окончательной обработки плоских поверхностей по серым пятнам (рис. 13.12, б). Данный метод удобен при шабрении мягких материалов. Шабер длиной до 450 мм устанавливают под углом  $75...80^\circ$  к обрабатываемой поверхности, и рабочий упирает его ручкой в плечо. Рабочим ходом является движение на себя, а холостым — движение от себя. Наличие опоры обеспечивает удобство в работе и повышает производительность. Длинный шабер лучше пружинит, врезание получается плавным, точность обработки улучшается. Шабрить следует не сгибаясь, при свободном положении корпуса.

Шабрение плоских поверхностей производится за несколько переходов: *черновое* (предварительное), *получистовое* и *чистовое* (отделочное). В особых случаях выполняют точное и тонкое шабрение. В начале шабрения длина рабочего хода шабера

составляет 15...20 мм (что соответствует размеру пятна при черновом шабрении), а по мере выравнивания поверхностей оно уменьшается до 2...5 мм. Направление рабочего хода надо каждый раз изменять так, чтобы полученные штрихи от шабера пересекались под углом 45...90°. Начинать шабрение плоской поверхности следует с наибольшего пятна. После каждого цикла шабрения обрабатываемую поверхность надо насухо протереть, вновь проверить «на краску» и продолжать шабрение до тех пор, пока вся пришабриваемая поверхность не покроется равномерно чередующимися пятнами краски. Получив 4–6 пятен в контрольной рамке размерами 25 × 25 мм, предварительное шабрение заканчивают.

Получистовое шабрение плоских поверхностей обеспечивает получение 8–10 пятен в контрольной рамке. При получистовом шабрении окрашивание производят очень тонким слоем, краска должна быть заметна слабо. Длина перемещения шабера — около 10 мм. Снимают в основном серые пятна, т.е. наиболее выступающие элементы плоской поверхности.

Чистовое шабрение применяют для получения очень высокой точности поверхности. При этом используют чистовые шаберы при длине рабочего хода 4...5 мм. Количество пятен в контрольной рамке должно быть около 18.

При точном шабрении надо получить около 20 пятен, а при тонком — 25 пятен в контрольной рамке.

Приемы контроля шабрения плоских поверхностей с помощью контрольной рамки показаны на рис. 13.13.

В некоторых случаях приходится выполнять *декоративное шабрение* (наведение «мороза»). На обработанную плоскую поверхность шабером наносят штрихи, образующие тот или иной рисунок. Наиболее часто применяется шахматный рисунок (рис. 13.14), когда на поверхности образуются ромбики с раз-



Рис. 13.13. Контроль качества шабрения плоских поверхностей с помощью рамки

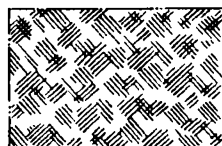


Рис. 13.14. Рисунок декоративного шабрения

ным направлением штрихов. Выполняют декоративное шабрение в два приема: сначала наносят в шахматном порядке штрихи в одном направлении, затем в промежутках — штрихи в противоположном направлении. При создании штрихов в определенном направлении улучшаются условия смазки, а в конечном счете достигается высокая износостойкость сопрягаемых поверхностей.

Надо помнить о том, что шабрение выполняют с применением СОТС. Так, при шабрении стали, меди и медных сплавов шабер смачивают мыльной водой, при обработке мягких металлов — скипидаром или обычной водой. Чугун шабруют всухую.

Плоскости, расположенные под прямым углом, шабруют плоскими шаберами и контролируют поверочным угольником (рис. 13.15, *а*). Угольник и деталь устанавливают на поверочную плиту. Снимают шабером пятна, тем самым добиваясь равномерного окрашивания всей поверхности.

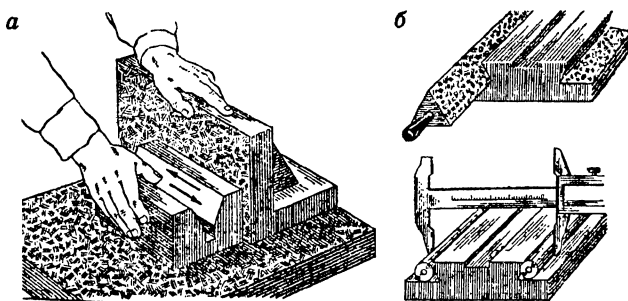


Рис. 13.15. Контроль при шабрении плоскостей, расположенных под углом:  
*а* — прямым; *б* — острым

Плоскости, сопрягающиеся под острым углом (например, направляющие типа «ласточкин хвост»), шабруют, используя для контроля плоскостности и угла трехгранную линейку (рис. 13.15, *б*). Сначала обрабатывают горизонтальные плоскости, затем наклонные. Параллельность направляющих проверяют штангенциркулем или микрометром; при этом устанавливают два валика в соответствующие пазы. Измерения производят с обоих концов направляющих. При совпадении размеров параллельность обеспечена.

Криволинейные поверхности (вкладыши подшипников скольжения) шабруют трехгранным, дисковым шабером или кольцом. Для контроля количества пятен при шабрении используют шаблон-сетку (рис. 13.16), изготовленную из эластичной пластмассы.

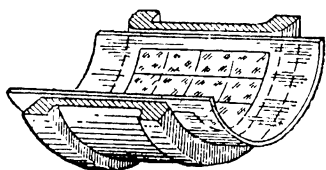


Рис. 13.16. Контроль криволинейной поверхности с помощью шаблон-сетки

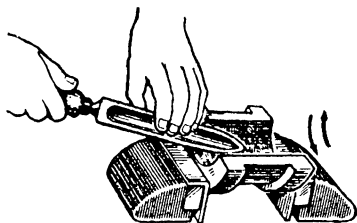


Рис. 13.17. Шабрение криволинейной поверхности

Эталонной поверхностью для нанесения краски служит вал (посадочная поверхность подшипника). Обработку ведут в тисках (рис. 13.17) или специальных приспособлениях. Вал окрашивают, вводят в отверстие вкладыша и поворачивают. Окрашенные места удаляют трехгранным шабером. Шабер удерживают за ручку правой рукой, а левой сообщают ему боковое движение. Шабрение ведут до получения нужного числа пятен в шаблоне-сетке.



## 13.4 Механизация шабрения

Для уменьшения доли ручного труда следует использовать механизированное шабрение, которое повышает производительность труда в десятки раз. Для механизации шабрения используют пневматические и электрические шаберы. Механическое шабрение применяют только в качестве предварительного.

На рис. 13.18, а показано устройство пневматического шабера, а на рис. 13.18, б — прием работы им. При впуске сжатого воздуха через штуцер 1 вращение ротора двигателя через редуктор передает штоку 6 сложное колебательное движение, преобразуемое в возвратно-поступательное движение патрона 7

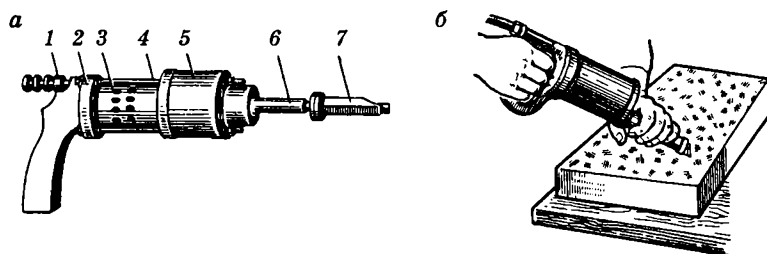


Рис. 13.18. Пневматический шабер:

*a* — устройство (1 — штуцер; 2 — крышка ручки; 3 — золотниковая коробка; 4 — шпилька; 5 — крышка двигателя; 6 — шток; 7 — патрон для закрепления шабера); *б* — прием работы

с закрепленным в нем шабером. Данный шабер имеет устройство регулировки длины рабочего хода.

На одном месте нельзя делать больше двух-трех ходов, шабер все время должен быть в движении под углом к направлению получаемых штрихов. При точных работах необходимо применять более узкие шаберы.

Значительное распространение получил электрический шабер (рис. 13.19). От электродвигателя 4 через редуктор 5

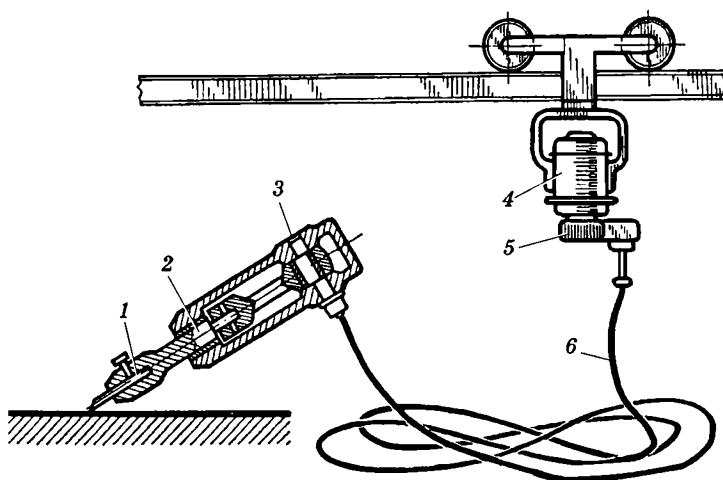


Рис. 13.19. Электрический шабер:

1 — шабер; 2 — шатун; 3 — кривошип;  
4 — электродвигатель; 5 — редуктор; 6 — гибкий вал

и гибкий вал 6 получает вращение кривошип 3, сообщающий возвратно-поступательное движение шатуну 2 и прикрепленному к нему шаберу 1. Подвесная тележка шабера перемещается по монорельсу, а при другом варианте монтажа она может двигаться по полу.

Поскольку шабрение является дорогой и малопроизводительной операцией, оно заменяется механической обработкой — шлифованием, строганием широкими резцами, тонким скоростным фрезерованием, тонким растачиванием и развертыванием, виброобкатыванием.

## **Брак при шабрении. Организация**

### **13.5. рабочего места и безопасность труда**

Наиболее характерные виды брака при шабрении — неравномерное расположение пятен, образование рисок, глубоких впадин, наличие заусенцев и шероховатостей пришабриваемой поверхности, неточность шабрения, полное покрытие поверхности краской и др. Эти, а также другие виды брака получаются в результате невнимательности или неумения вести процесс шабрения. Так, например, неравномерное расположение пятен на пришабренной поверхности получается в тех случаях, когда слесарь шабрит поверхность длинными штрихами или сильно нажимает на шабер. Предупредить брак этого вида очень легко: следует соблюдать при шабрении осторожность, не делать длинных рабочих ходов.

Образование рисок, заусенцев и шероховатостей происходит вследствие плохой заправки шабера и неправильных его движений при работе. Предупредить эти дефекты можно путем правильной заточки и заправки шабера. Нельзя работать тупым шабером; необходимо тщательно проверять состояние режущей кромки: на ней не должно быть заусенцев и царапин.

Предотвращение образования впадин на пришабриваемой поверхности достигается уменьшением нажима на шабер и тщательной подготовкой поверхности.

Неточность шабренной поверхности обусловлена применением неточного поверочного инструмента и неправильным использованием им. Надо своевременно проверять точность плит и линейек, содержать в чистоте их рабочие поверхности, а также поверхности обрабатываемых деталей, правильно пользоваться инструментом в процессе работы, не нажимать сильно на инструмент при проверке «на краску».

Полное покрытие пришабриваемой поверхности краской происходит при слишком толстом слое краски, нанесенной на поверочный инструмент. Краску надо наносить тонким и равномерным слоем.

Поверочный инструмент отличается высокой точностью. Он не допускает ударов. Изделие на плиту надо устанавливать осторожно, лучше всего надвигать его сбоку.

При шабрении необходимо обеспечить хорошее освещение рабочего места. На поверочный инструмент и деталь должен падать равномерный свет, не допускаются блики и тени. Если это не соблюдается, плохо будут видны окрашенные места, что приведет к низкому качеству обработанной поверхности. Рекомендуется защищать рабочее место матовыми экранами. Хранить инструмент следует на деревянных подкладках.

Шаберы должны быть с хорошо осаженными ручками, без дефектов и сколов. Работая двусторонним шабером, надо следить за тем, чтобы не повредить себя вторым лезвием. Желательно оборудовать рабочее место подъемными устройствами, поскольку приходится работать с тяжелыми поверочным инструментом и деталями.

Перед работой механизированными шаберами необходимо изучить инструкцию по пользованию ими и строго соблюдать указанные там правила безопасности.

### **Вопросы и задания для самоконтроля**

1. Каковы суть и назначение шабрения?
2. Какие преимущества имеет шабрение перед другими видами обработки?
3. Какой инструмент применяют для шабрения? Как классифицируют шаберы?



4. Как выбирают шаберы?
5. В чем суть заточки и заправки шаберов? Назовите углы заточки шаберов для шабрения различных материалов.
6. Как подготовить поверхность детали к шабрению?
7. Какие красители используют для окрашивания поверхности перед шабрением?
8. Назовите виды шабрения.
9. Какие имеются приемы шабрения плоских поверхностей?
10. Назовите приемы шабрения криволинейных поверхностей.
11. Перечислите приемы контроля шабрения плоских и криволинейных поверхностей.
12. В чем суть механизированного шабрения?
13. Перечислите основные виды брака при шабрении и укажите способы его предупреждения.
14. Опишите организацию рабочего места и требования безопасности при шабрении.

### 14.1. Суть клепки. Заклепки

*Клепкой* называется операция по соединению двух или более деталей с помощью заклепок. При этом образуется неразъемное соединение деталей. Заклепочные соединения широко применяются при изготовлении различных металлических конструкций: ферм, рам, балок, а также в самолето- и судостроении.

Соединяющей деталью при клепке является *заклепка* (рис. 14.1) — цилиндрический стержень с *закладной головкой*. Заклепка устанавливается в предварительно просверленное или пробитое отверстие в склепываемых деталях, и ее выступающий цилиндрический стержень расклепывается вручную (*ручная клепка*) либо клепальными машинами или механизмами (*машинная клепка*). При этом образуется *замыкающая головка*, соединяющая детали.

Заклепки бывают с полукруглой высокой, полукруглой низкой, плоской, потайной, полупотайной головками.

Чаще всего применяют заклепки с полукруглыми головками (рис. 14.2, а, б), так как они обеспечивают наибольшую прочность соединения. Для соединений, работающих в агрессивной среде, применяют заклепки с плоскими головками (рис. 14.2, в). Когда по условиям эксплуатации соединения недопустимо, чтобы головка выступала, применяют *потайные заклепки с конической головкой* (рис. 14.2, г). У заклепок с полупотайной головкой (рис. 14.2, д) часть головки коническая и идет впотай, остальная (сферическая) часть остается

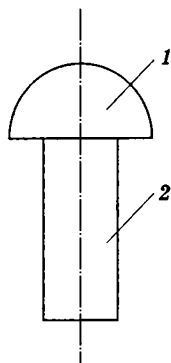


Рис. 14.1. Устройство заклепки:

1 — закладная головка;  
2 — стержень

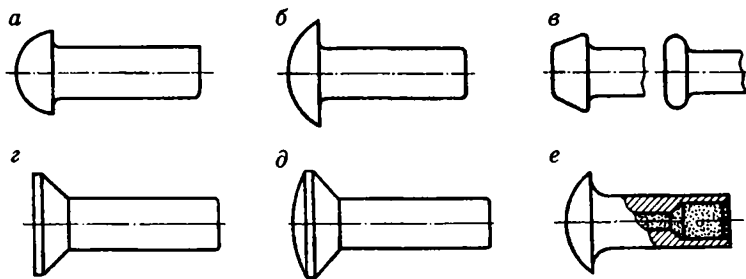


Рис. 14.2. Виды заклепок:

*а* — с полукруглой высокой головкой; *б* — с полукруглой низкой головкой; *в* — с плоской головкой; *г* — с потайной головкой; *д* — с полупотайной головкой; *е* — взрывная

снаружи. Угол конуса головки в зависимости от диаметра заклепки может быть равен  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $75^\circ$  и  $90^\circ$ .

Соединение деталей в труднодоступных местах производится *взрывными заклепками* (рис. 14.2, *е*), имеющими углубление, заполненное взрывчатым веществом.

Материал заклепок должен иметь хорошую пластичность. Заклепки изготавливают из следующих материалов: сталей марок Ст2, Ст3, Ст10; меди марок М3, МТ; латуни марки Л63; алюминиевых сплавов марок АМг5П, Д18, АД1; в ответственных соединениях — из коррозионно-стойкой стали марки Х18Н9Т, легированной стали марки 9Г2.

Как правило, заклепки должны быть из того же материала, что и соединяемые детали, или близки к ним по свойствам. В противном случае возможно появление коррозии, а также сложностей при клепке. Так, например, для выполнения заклепочного соединения деталей из цветных металлов применяют заклепки из меди, латуни, алюминия и его сплавов.

Клепка разделяется на *холодную*, т.е. выполняемую без нагрева заклепок, и *горячую*, при которой перед клепкой стальную заклепку нагревают до температуры  $750 \dots 1000^\circ\text{C}$ .

Для стальных заклепок со стержнем диаметром  $d \leq 8$  мм применяют холодную клепку, при  $d = 8 \dots 12$  мм — смешанную (как горячую, так и холодную), при  $d > 12$  мм — только горячую клепку.

При выполнении слесарных работ обычно применяется холодная клепка. Горячая клепка выполняется в специализированных цехах. При горячей клепке стержень заклепки лучше заполняет отверстие в склепываемых деталях, а при охлаждении заклепка лучше стягивает их. Заклепочные соединения применяются в следующих случаях: недопустим нагрев для соединения деталей сваркой; соединяются несваримые материалы; соединения воспринимают ударные и вибрационные нагрузки. В то же время клепаные соединения имеют ряд недостатков: увеличение массы клепаных конструкций; ослабление склепываемого материала в местах образования отверстий под заклепки; значительное количество технологических операций; шум и вибрация, вредно влияющие на организм человека, и др.

## 14.2. Заклепочные швы

Место соединения деталей заклепками называется *заклепочным швом*.

В зависимости от расположения соединяемых деталей различают *нахлесточные швы* (рис. 14.3, а), когда край одного листа накладывается на край другого; *стыковые*, когда соединяемые детали своими торцами плотно прижимают друг к другу и соединяются с помощью одной (рис. 14.3, б) или двух (рис. 14.3, в) накладок. Толщина накладок берется равной  $2/3$  толщины склепываемых листов.

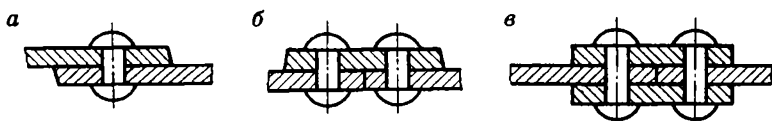


Рис. 14.3. Виды заклепочных швов:

а — нахлесточный; б — стыковой с одной накладкой;  
в — стыковой с двумя накладками

По расположению заклепок различают *однорядные* (рис. 14.4, а) и *многорядные* (рис. 14.4, б, в) швы. Ряды считаются в направлении, перпендикулярном к кромкам соеди-

няемых деталей. Многорядные швы бывают с *параллельным* (рис. 14.4, б) или *шахматным* (рис. 14.4, в) расположением заклепок.

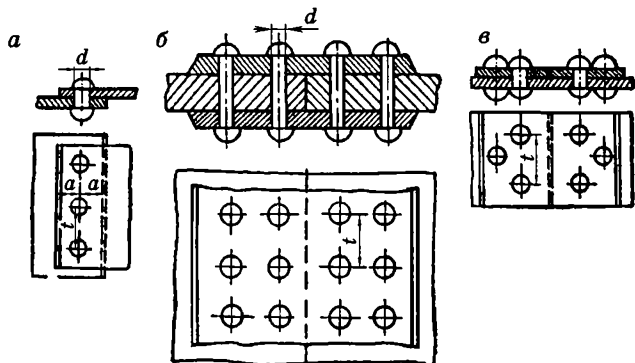


Рис. 14.4. Виды заклепочных швов:  
а — однорядный; б — многорядный; в — шахматный

В зависимости от назначения швы делятся на прочные, прочноплотные и плотные.

*Прочные швы* применяют для получения соединений повышенной прочности. В них прочность шва обеспечивается выбором диаметра и расположением заклепок. Для прочных швов расстояние от края листа  $a > 1,5d$ , между заклепками в однорядных швах  $t = 4d$ . Эти швы применяют при клепке балок, колонн, мостов.

*Прочноплотные швы* обеспечивают и герметичность, и плотность соединения. Они применяются для клепки котлов и трубопроводов, работающих при высоком давлении газа, пара и жидкости. Прочноплотные швы выполняют горячей клепкой на клепальных машинах с последующей подчеканкой головок и кромок листов.

Когда требуется только плотность соединения (в слабонагруженных трубопроводах, баках, резервуарах), применяют *плотные швы*. Соединения с плотным швом выполняют холодной клепкой. Для обеспечения герметичности шва используют прокладки из бумаги, ткани, пропитанные олифой или суриком; можно выполнять подчеканку шва.

## 14.3. Ручная клепка

При ручной клепке используют слесарные молотки с квадратным бойком, поддержки, обжимки, натяжки и чеканы.

**Молоток** выбирают в зависимости от диаметра заклепки:

Диаметр заклепки, мм	2,0...2,5	3,0...3,5	4,0...5,0	6,0...8,0
Масса молотка, г	100	200	400	500

**Поддержка** (рис. 14.5) служит опорой при расклепывании стержня заклепки и должна быть в 3–5 раз массивнее молотка. Форма рабочей поверхности поддержки зависит от конструкции склепываемых деталей, диаметра стержня и формы закладной головки заклепки, а также метода клепки.

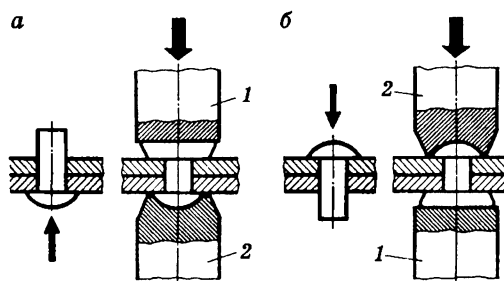


Рис. 14.5. Применение поддержки и обжимки при клепке:  
а — прямой; б — обратной; 1 — обжимка; 2 — поддержка

**Обжимка** (рис. 14.5) служит для придания требуемой формы замыкающей головке заклепки после осадки. На рабочем конце обжимки должно быть углубление по форме головки заклепки.

**Натяжка** (рис. 14.6, а) представляет собой стержень с отверстием на конце и диаметром, на 0,2 мм большим диаметра стержня заклепки. Натяжка применяется для сжатия листов.

**Чекан** — это слесарное зубило с плоской рабочей частью. Он применяется для создания герметичности заклепочного шва, достигаемой подчеканкой замыкающей головки и края листов.

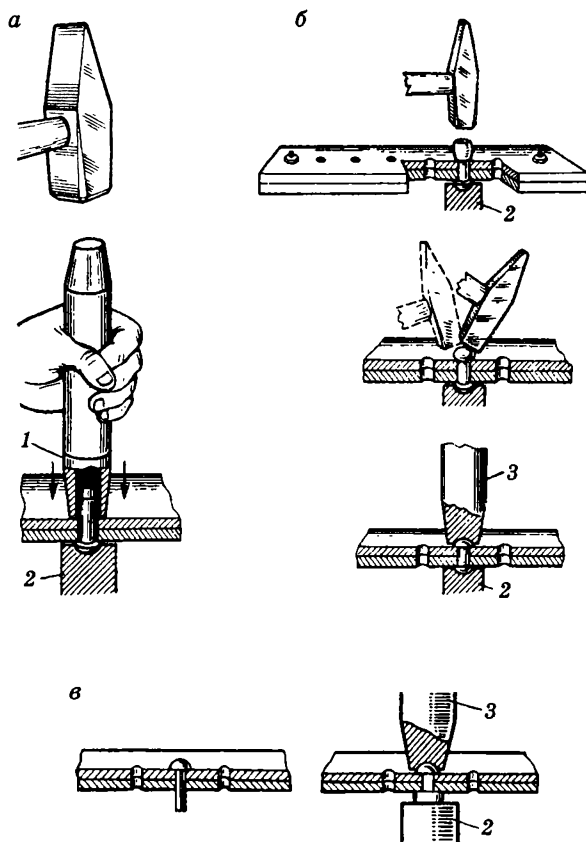


Рис. 14.6. Приемы ручной клепки:  
 а, б — прямой; в — обратной;  
 1 — натяжка; 2 — поддержка; 3 — обжимка

Ручная клепка выполняется на верстаках, плитах или специальных приспособлениях. Процесс ручной клепки состоит из следующих основных операций:

- 1) подготовка поверхностей деталей к клепке;
- 2) разметка отверстий под будущие заклепки;
- 3) сверление в склепываемых деталях отверстий под заклепки;
- 4) зенкование гнезда под головки заклепок;
- 5) установка заклепки в отверстия деталей;

б) образование замыкающей головки заклепки, т.е. собственно клепка.

Склепываемые детали очищают от грязи, ржавчины, окалины и пригоняют. При необходимости обрабатывают сопряженные поверхности и кромки. Подготовленные к клепке поверхности размечают чертилкой, а затем накерняют будущие отверстия под заклепки. Расстояние от центра заклепки до края склепываемых листов должно составлять  $1,5d$  заклепки. Необходимое количество отверстий под заклепки определяют расчетным путем. Затем размеченные детали совмещают, сжимают вместе ручными тисками или струбцинами и выполняют сверление отверстий по разметке одновременно в двух деталях. Диаметр отверстия должен быть больше диаметра заклепки:

Диаметр заклепки, мм	2,0	2,3	2,6	3,0	3,5	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0
Диаметр отверстия, мм	2,1	2,4	2,7	3,1	3,6	4,1	5,2	6,2	7,2	8,2

Диаметр  $d$  стержня заклепки выбирают в зависимости от толщины  $s$  пакета склепываемых листов по формуле  $d = \sqrt{2s}$ .

Для заклепок с потайными головками (рис. 14.7, а) зенкуют гнезда под головки заклепок на глубину, равную  $0,8$  диаметра стержня заклепки; на деталях, где будут расположены полукруглые головки, надо снять фаски размером  $1,0 \dots 1,5$  мм.

Длину стержня заклепки выбирают в зависимости от толщины склепываемых листов и формы замыкающей головки.

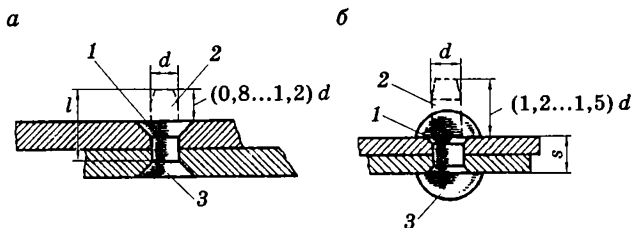


Рис. 14.7. Элементы заклепочного соединения:

а — с потайной головкой; б — с полукруглой головкой; 1 — замыкающая головка; 2 — стержень; 3 — закладная головка



Для потайной заклепки длина  $l$  стержня определяется по формуле

$$l = s + (0,8...1,2)d.$$

Для заклепки с замыкающей полукруглой головкой (рис. 14.7, б) длина стержня определяется по формуле

$$l = s + (1,2...1,5)d.$$

Различают два вида клепки: с *двусторонним подходом*, когда имеется свободный доступ как к замыкающей головке, так и к закладной, и с *односторонним подходом*, когда доступ к замыкающей головке невозможен. В связи с этим клепка подразделяется на прямую и обратную.

*Прямая (открытая) клепка* (см. рис. 14.5, а) выполняется в следующем порядке:

1) заклепку выставляют снизу вверх стержнем в отверстие соединяемых деталей;

2) под закладную головку заклепки устанавливают массивную поддержку 2 (см. рис. 14.6, а) (для заклепок с потайными головками применяют плоские поддержки);

3) детали осаживают (уплотняют) в месте клепки с помощью натяжки 1, которую устанавливают на выступающий конец стержня;

4) ударами молотка по вершине натяжки устраняют зазор между склепываемыми листами;

5) стержень крайней заклепки осаживают (расклепывают) бойком молотка (см. рис. 14.6, б) (сначала несколькими ударами молотка осаживают стержень, а затем боковыми ударами молотка придают полученной головке необходимую форму);

6) окончательно оформляют замыкающую головку с помощью обжимки 3 (см. рис. 14.6, б, в).

Подобным же образом расклепывают другую крайнюю заклепку. Во избежание образования неровностей и других видов брака клепку выполняют не подряд, а через два-три отверстия, начиная с крайних — к центру, после чего производят клепку по остальным отверстиям.

При *обратной (закрытой) клепке* (см. рис. 14.5, б) удары молотком наносят по закладной головке через оправку с внут-

ренной сферической поверхностью (см. рис. 14.6, *в*). Стержень заклепки вводят сверху, поддержку с требуемой формой рабочей поверхности подводят под стержень заклепки и формируют замыкающую головку. Этот способ применяют только при затрудненном вводе заклепки снизу и отсутствии доступа к замыкающей головке.

Обратная клепка может быть заменена клепкой взрывными заклепками. Для образования соединения заклепку в холодном состоянии ставят в отверстие детали, а затем закладную головку подогревают электрическим подогревателем 4 (рис. 14.8, *а*) в течение 1...3 с до температуры 130 °С, что приводит к взрыву заполняющего заклепку взрывчатого вещества. При этом замыкающая головка приобретает бочкообразную форму, а ее расширенная часть плотно стягивает склепываемые листы. Этот способ отличается высокой производительностью и хорошим качеством клепки.

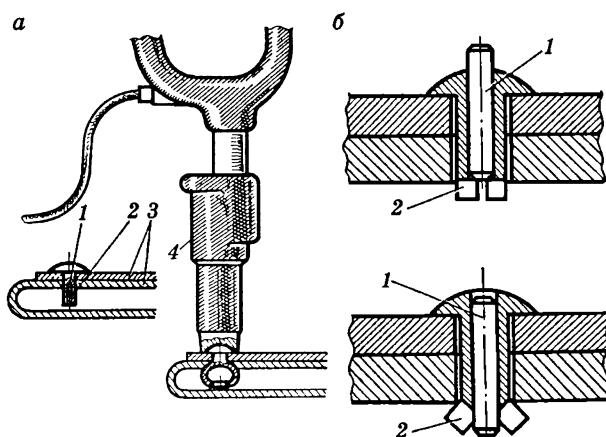


Рис. 14.8. Клепка в труднодоступных местах:

*а* — взрывной заклепкой (1 — взрывчатое вещество; 2 — стержень заклепки; 3 — склепываемые листы; 4 — электрический подогреватель);  
*б* — разрезной заклепкой (1 — стержень; 2 — нижний конец заклепки)

Вводить взрывные заклепки в отверстие необходимо плавным нажатием, без ударов. Запрещается снимать лак, разряжать заклепки, подносить их к огню или горячим деталям.

Не требуют опоры для образования замыкающей головки и могут применяться в труднодоступных местах *разрезные заклепки*, изображенные на рис. 14.8, б. Такую заклепку устанавливают в отверстие соединяемых деталей сверху вниз, затем в ее полость вставляют стержень 1. По верхнему концу стержня наносят удары, в результате чего нижний конец заклепки 2, разрезанный на четыре части, «раздается» и прочно скрепляет соединяемые детали.

Для соединения неметаллических материалов (кожи, фибры, картона, пластических масс), а также металлов, когда на них действуют небольшие нагрузки, применяют *трубчатые* и *полутрубчатые* заклепки с полукруглой, плоской и потайной головками.

Трубчатые (пустотелые) заклепки расклепывают специальными приспособлениями (рис. 14.9) путем развальцовывания их краев, что уплотняет соединение деталей. Окончательное формирование головки заклепки производится на прессе с помощью обжимки.

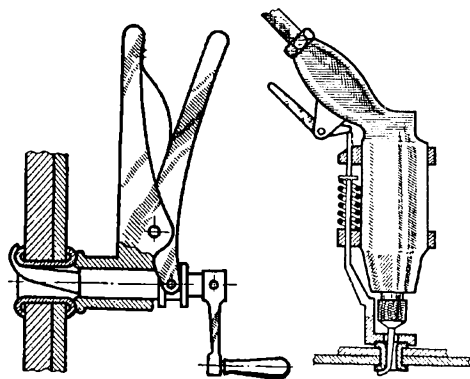


Рис. 14.9. Развальцовка бурта трубчатой заклепки

В ряде случаев после клепки для увеличения герметичности шва производят обжатие (подчеканку) краев листа или замыкающей головки. Для этого применяют чекан. Подчеканивание шва выполняют вручную или с помощью клепального молотка, в который вместо оправки вставляют чекан.

После склепывания шов тщательно проверяют. Путем наружного осмотра контролируют состояние головок заклепок и склепанных деталей, шаблонами — расположение заклепок и размеры головок, щупом — плотность прилегания деталей. Резервуары, баки и другие емкости, от которых требуется герметичность, подвергают гидравлическому испытанию (нагнетают жидкость под давлением, превышающим номинальное на 15...20 %).

Основные виды и причины дефектов при клепке приведены в табл. 14.1.

Таблица 14.1

Виды и причины брака при клепке

Вид брака	Эскиз	Причины брака
Неплотное прилегание головки		Перекус обжимки при клепке
Смещение головок		Косо просверленное отверстие
Смещение головки		Скос на торце стержня со стороны замыкающей головки
Зарубка на головке или около нее		Неправильное положение обжимки при клепке
Маломерная замыкающая головка		Недостаточная длина стержня заклепки
Расплющивание стержня между склепываемыми листами		Клепка неплотно прижатых листов
Изгиб стержня заклепки		Неправильное прилегание листов при сверлении
Изгиб стержня в отверстии		Несоответствие диаметра отверстия диаметру стержня

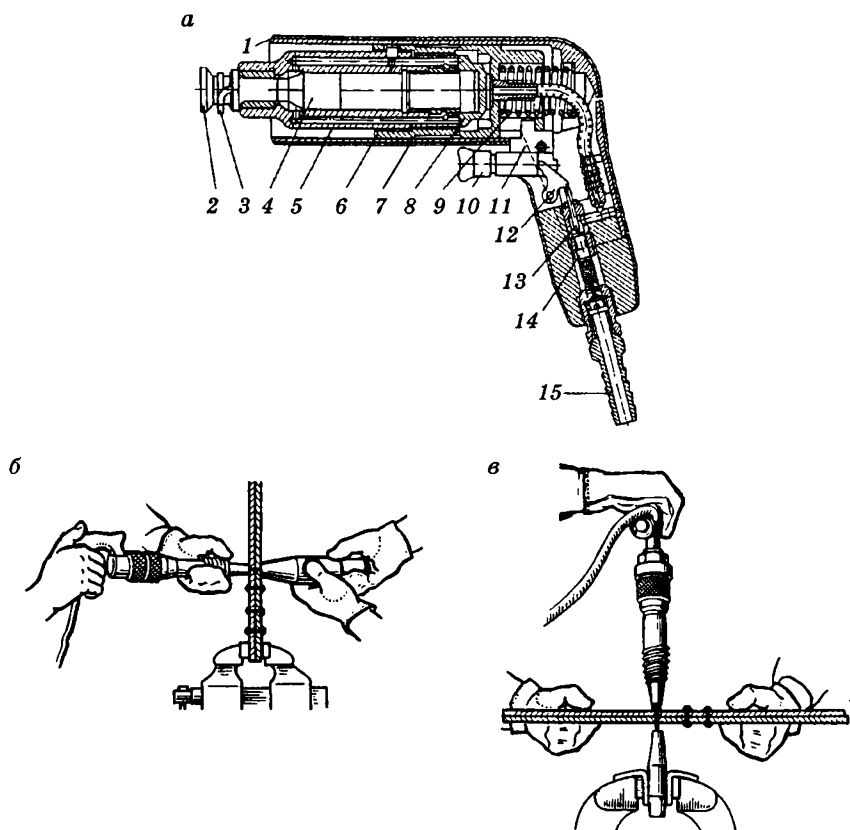
У плохо поставленной заклепки срубают головку, а затем бородком выбивают стержень. Заклепку можно также высверлить. Для этого закладную головку накернивают и сверлят на глубину, равную высоте головки. Сверло выбирают диаметром, немного меньшим диаметра заклепки. Недосверленную головку надламывают бородком, затем выбивают заклепку.

#### **14.4. Машинная клепка**

В серийном и массовом производствах для клепки используют пневматические и электрические клепальные молотки и машины, а также прессы. Машинная клепка отличается высокой производительностью и качеством.

*Пневматические клепальные молотки* работают под действием сжатого воздуха и делятся на две группы: с золотниковым и клапанным распределением. Их выпускают с замкнутой и незамкнутой рукояткой без гасителя и с гасителем вибрации. Клепальный молоток (рис. 14.10, а) имеет корпус 1 и рукоятку 11, в которую вмонтированы пусковое устройство и ниппель 15, обеспечивающий подключение шланга для сжатого воздуха. В корпусе находятся стакан 6, цилиндр 5 с поршнем и золотник 7 с крышкой 8. Воздух поступает через пусковой клапан 14, крышку 8 и золотник в рабочую камеру, расположенную над поршнем. При нажатии пальцем на курок 10 последний рычагом 12 воздействует на толкатель 13, открывающий воздуху вход в пусковой клапан 14. В этот момент поршень через молоток 4 с ударником производит осадку заклепки, а золотник открывает отверстие для прохода сжатого воздуха через клапаны в нижнюю часть цилиндра под поршень и заставляет поршень перемещаться в обратном направлении. Пружина 9 служит для погашения отдачи поршня и стержня, вибраций, а пружина 3 предохраняет обжимку 2 от выпадания.

Приемы работы пневматическим клепальным молотком показаны на рис. 14.10, б, в. Клепку выполняют вдвоем: один рабочий упирает поддержкой закладную головку, а другой



*Рис. 14.10. Пневматический клепальный молоток:*

*а — конструкция (1 — корпус; 2 — обжимка; 3, 9 — пружины; 4 — молоток; 5 — цилиндр; 6 — стакан; 7 — золотник; 8 — крышка; 10 — курок; 11 — рукоятка; 12 — рычаг; 13 — толкатель; 14 — пусковой клапан; 15 — ниппель); б, в — приемы работы*

молотком расклепывает замыкающую головку (рис. 14.10, б). При зажатии поддержки в слесарных тисках (рис. 14.10, в) второй рабочий поддерживает деталь.

**Клепальные машины** изготавливают стационарными и переносными. По принципу действия они бывают пневматические и гидравлические.

**Пневматический клепальный пресс** (рис. 14.11) имеет на станине 9 скобу 8 с расположенной сверху пневматической

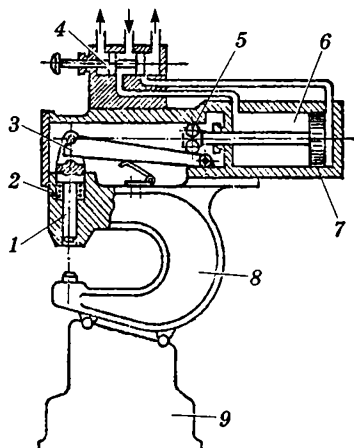


Рис. 14.11. Пневматический клепальный пресс:

1 — обжимка; 2 — пружина; 3 — рычаг; 4 — золотниковое распределительное устройство; 5 — каретка; 6 — цилиндр; 7 — поршень; 8 — скоба; 9 — станина

силовой головкой, состоящей из золотникового распределительного устройства 4, цилиндра 6, поршня 7 и качающего рычага 3. Попадая в цилиндр, воздух давит на поршень и смещает его. При этом каретка 5 с роликами давит на рычаг 3. Он смещает ползун с обжимкой 1, выполняющей клепку. Пружина 2 предназначена для возврата ползуна. Данный пресс применяют для клепки деталей стальными заклепками со стержнем диаметром до 5 мм. Пресс приводят в действие нажатием ноги на пусковую педаль.

## Организация рабочего места

### 14.5. и безопасность труда при клепке

При клепке следует соблюдать общие требования к организации рабочего места. На рабочем месте не должно находиться ничего лишнего, только необходимые инструмент и оборудование.

Молоток должен быть хорошо насажен на рукоятку. На натяжках, обжимках не должно быть трещин, выбоин, сколов.

В процессе работы пневматическим молотком приходится регулировать его. При этом ни в коем случае нельзя включать молоток, придерживая обжимку руками, так как из-за большой силы удара удержать обжимку не удастся и можно получить серьезную травму рук.

Шум, производимый клепальными молотками, пагубно действует на орган слуха. Поэтому следует пользоваться наушниками, устанавливать обрабатываемые детали на специальные подставки, ставить звукоизоляционные перегородки. Необходимо применять приспособления, не допускающие вылета бойков во время работы. При перерывах в работе боек отсоединяют от молотка во избежание вылета его при случайном пуске. Следует также работать в теплых рукавицах, поскольку пневмоинструмент охлаждают отходящим воздухом. Необходимо применять тяжелые поддержки, покрытые резиной: это уменьшает вибрации, из-за которых может возникнуть вибрационная болезнь рук. Желательно использовать пневматические молотки с виброгасящим устройством.

При работе электрическими клепальными молотками необходимо соблюдать правила эксплуатации электрифицированного инструмента.

### Вопросы и задания для самоконтроля

1. Каковы суть и назначение клепки?
2. Назовите виды и материал заклепок.
3. Как выбрать форму головки заклепки для заклепочного соединения?
4. Как определяют диаметр и длину стержня заклепки?
5. Как выбирают материал заклепок?
6. Как выбрать диаметр сверла для сверления отверстия под заклепку?
7. Назовите виды клепальных швов и укажите их назначение.
8. Как располагают заклепки в соединениях?
9. Каково назначение взрывных заклепок?
10. Назовите инструмент для ручной клепки и укажите его назначение.
11. Какие виды клепки вы знаете?
12. Опишите последовательность ручной клепки.



13. Как выполнить контроль клепки?
14. Назовите виды брака при клепке и укажите его причины.
15. Какое оборудование применяют для машинной клепки?
16. Какие преимущества имеет машинная клепка перед ручной?
17. В каких случаях используют трубчатые заклепки?
18. Как обеспечить герметичность соединения при клепке?
19. Опишите организацию рабочего места и требования безопасности при клепке.

## Суть склеивания.

### 15.1. Клеи и клеевые соединения

**Склеивание** — операция по получению неразъемного соединения с помощью клеев. Клеевые соединения находят все большее распространение. Они обеспечивают высокую прочность, термостойкость, имеют малую массу, позволяют соединять тонкие детали. Склеивание во многих случаях заменяет клепку, пайку и сварку. Склеивают пластмассы, стекло, керамику, легкие сплавы, стали и чугуны.

К недостаткам клеевых соединений относятся низкая теплостойкость (при температуре выше 90 °С прочность клеев снижается), склонность к ползучести при длительных статических нагрузках, длительные сроки сушки, необходимость нагрева для получения стойких и герметичных соединений, низкая прочность на сдвиг.

Место соединения деталей с помощью клея называют **клеевым швом**. На рис. 15.1 показаны виды клеевых швов.

Технологический процесс клеевого соединения деталей состоит из следующих этапов:

- 1) подготовка поверхностей к склеиванию — взаимная подгонка, очистка от пыли, масел) и придание необходимой шероховатости;
- 2) нанесение клея кистью, шпателем, пульверизатором;
- 3) выдержка после нанесения клея (для различных клеев время выдержки разное);
- 4) сборка склеиваемых деталей;
- 5) склеивание при определенных температуре и давлении (затвердевание клея);
- 6) очистка шва от подтеков клея и контроль клеевого шва.

Подготовка поверхностей деталей к склеиванию выполняется путем их очистки механическим или химическим способом.

Клеи могут быть в жидком, пастообразном, пленочном виде.

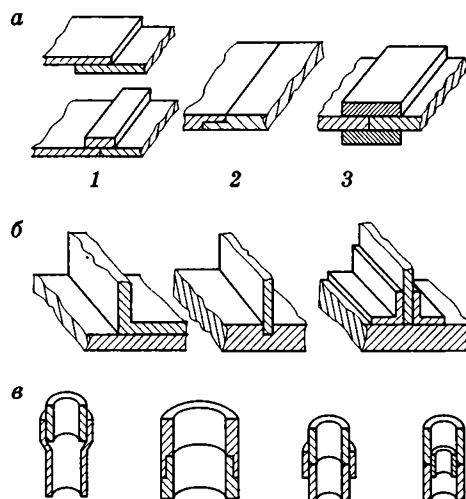


Рис. 15.1. Виды клеевых швов:

*a* — плоскостные (1 — нахлесточное соединение; 2 — врезное; 3 — стыковое); *б* — тавровые; *в* — цилиндрические

Эпоксидные клеи служат для склеивания как однородных, так и разнородных материалов. Они состоят из эпоксидной смолы (ЭД-5, ЭД-6, ЭД-40), полиэтиленполиамиона (в соотношении 1:10) и наполнителя. В качестве наполнителя используют алюминиевую или бронзовую пудру, стальной или чугунный порошок, портландцемент марки 400, сажу, стекловолокно и т.д. Наполнители увеличивают вязкость клея и повышают прочность клеевого шва.

Тонкий слой эпоксидного клея наносят на подготовленные поверхности детали и слегка подсушивают. Поверхности совмещают и выдерживают детали под давлением (под прессом или винтовым зажимом) до полного затвердевания клея: клеи холодного затвердевания — 24 ч при температуре 20...30 °С, клеи горячего затвердевания при склеивании металлов — 2...3 ч при температуре 120...160 °С, при склеивании металла с неметаллом — 70...120 °С.

Механическая прочность металлических деталей, склеенных эпоксидным клеем, не снижается при повышении их температуры до 100 °С.

*Универсальные клеи БФ* — спиртовые растворы фенолформальдегидной смолы и поливинилбутираля. Клей БФ-2 применяют для склеивания металлов, стекла, фарфора, бакелита, текстолита и других материалов. Он стоек к кислотам и щелочам, его механическая прочность сохраняется при нагревании до температуры 80 °С. Этот клей широко используется в ремонтном деле при заделке трещин в чугунных корпусах, а также при упрочнении неподвижных соединений. Клей БФ-4 стоек к щелочам и образует эластичный шов. Он широко используется для склеивания резины, кожи, металлов и пластмасс. Клеем БФ-6 (самый эластичный в этой группе) рекомендуется склеивать ткани, ремни между собой или с металлами. Клеи БФ-4 и БФ-6 имеют небольшую прочность по сравнению с другими клеями.

Склеивание клеем БФ ведется в два слоя. На заранее подготовленные поверхности деталей пульверизатором наносят слой клея, затем сушат его в течение 1 ч при температуре воздуха 20 °С и 20 мин при температуре 50...60 °С. После этого наносят второй слой клея; его сушат 1 ч при температуре 20 °С, 15 мин при температуре 50...60 °С и 50...60 мин при температуре 85...95 °С. Склеиваемые детали соединяют и сушат под давлением при температуре 150...160 °С около 1 ч.

*Карбинольные клеи* бывают в жидком или пастообразном состоянии. Жидкие карбинольные клеи состоят из смеси карбинола (100 весовых частей) и пероксида бензола (2,5 весовой части). Если к жидкому карбинольному клею добавить 250 весовых частей наполнителя (портландцемента марки 400), то образуется пастообразная масса — карбинольный клей-цемент. Эти клеи используются для соединения стали, чугуна, алюминия, фарфора, эбонита и пластмасс. Механическая прочность карбинольных клеев сохраняется при температуре до 60 °С.

Карбинольный клей-цемент готовят за 4 ч до применения. В ступе растирают пероксид бензола с наполнителем, добавляют карбинольный цемент, перемешивают, доливают оставшийся карбинольный сироп и снова перемешивают до получения однородной массы. Клей наносят стеклянной палочкой на предварительно подготовленные поверхности деталей, соединяют их, слегка притирая, и выдерживают под давлением при комнатной температуре не менее 48 ч.

*Термостойкие клеи* применяют для склеивания деталей из различных металлов, работающих при высоких температурах и больших вибрациях. Клей ВК-32-200 применяют для склеивания металлов и неметаллических материалов, работающих при температуре 250...300 °С. Его наносят в два слоя. После нанесения первого слоя выдерживают 15...20 мин при температуре 20 °С, после нанесения второго слоя — 15...20 мин при температуре 20 °С и 90 мин при температуре 65 °С. Этот клей стоек к бензину, минеральным маслам и воде.

К термостойким клеям относятся клеи на основе кремний-органических смол. Клей марки ИП-9 применяется для склеивания металлов и неметаллов. Он образует непрочные швы, но обеспечивает их термостойкость до температуры 300 °С, водостойкость и герметичность.

Широкое распространение получили *пленочные клеи*, которые накладываются на предварительно нанесенный подслоя жидкого клея, а затем склеиваемые детали прижимаются роликовыми устройствами с системами подогрева.

В последнее время широко используют клеи семейства «Момент»: «Момент-1», «Супермомент», «Супермомент гель» и «Момент кристалл».

Универсальный клей «Момент-1» обеспечивает склеивание широчайшего спектра материалов: дерева, металла, войлока, резины, различных пластиков, стекла, керамики, фарфора. Он наносится однократно на каждую из склеиваемых поверхностей. Клей выпускается в тубиках и является аналогом немецкого клея Pattex. Теплостойкость клея — до 130 °С.

Секундные клеи «Супермомент» и «Супермомент гель» — это клеи на основе этилцианакрилата. Их отличительная особенность — мгновенное склеивание. Клеи моментально склеивают практически все материалы, кроме полиэтилена, тефлона и полипропилена. Идеально подходят для склеивания стекла и хрусталя. Образуют очень жесткий стекловидный клеевой слой, поэтому не рекомендуется применение склеенных деталей под динамической нагрузкой изгиба, кручения, вибрации и при перепадах температур. Отличие клея «Супермомент гель» от «Супермомента» заключается в более густой консистенции, которая позволяет работать на вертикальных поверхностях

и предоставляет возможность коррекции склеиваемых деталей в течение 5...7 с. Клей не растекается, не капает.

Клей «Момент кристалл» идеально подходит для склеивания прозрачных материалов, когда нужно добиться максимальной прозрачности шва. Он хорошо склеивает мягкий и жесткий поливинилхлорид, полистирол, оргстекло и другие пластики. Быстро и надежно, в различных сочетаниях склеивает дерево, металл, резину, ткань, поролон, бумагу, картон, фарфор, керамику, стекло. Клеевой шов устойчив к старению, воздействию температуры, воды, а также слабых растворов кислот и щелочей.

После склеивания производят контроль клеевых соединений путем внешнего осмотра через лупу, по образцу, с помощью ультразвуковой установки, клеевой шов испытывается на растяжение.

Основной дефект, который встречается при склеивании, — «непроклеи» (участки, на которых не осуществилось соединение склеиванием). Причина такого дефекта — плохая подготовка поверхностей деталей к склеиванию и несоблюдение технологического режима склеивания. При работе с клеями, содержащими токсичные вещества, необходимо соблюдать меры безопасности (наличие в помещении вентиляции, пожаробезопасность и т.д.).

### Вопросы и задания для самоконтроля

1. Какова суть склеивания?
2. Назовите преимущества и недостатки клеевых соединений.
3. Какие группы клеев используют в машиностроении?
4. Какова общая технология склеивания деталей?
5. Назовите виды клеевых швов.
6. Объясните особенности технологии склеивания эпоксидными, карбинольными, термостойкими и универсальными клеями БФ.
7. От чего зависит выбор марки клея? Приведите примеры.
8. Какие устройства используют для создания давления при сборке клеевых соединений?
9. Перечислите дефекты клеевого шва и объясните их причины.
10. Как производится контроль клеевых соединений?

### 16.1. Суть пайки и ее виды

*Пайка* — это операция по получению неразъемного соединения деталей с помощью промежуточного металла или сплава, называемого *припоем*.

В слесарном деле используют пайку мягкими (легкоплавкими) и твердыми (тугоплавкими) припоями. *Мягкие припои* имеют температуру плавления до 450 °С. Наиболее распространенными мягкими припоями являются оловянно-свинцовые припои (ПОС). Они подразделяются на *бессурьмянистые* (марки бессурьмянистых припоев — ПОС-90, ПОС-61, ПОС-40, ПОС-10, ПОС-61М); *малосурьмянистые*, содержащие 0,2...0,5 % сурьмы (ПОССу-61-05, ПОССу-50-0,5, ПОССу-40-0,5, ПОССу-35-0,5, ПОССу-30-0,5, ПОССу-25-0,5, ПОССу-18-0,5), и *сурьмянистые*, содержащие 0,5...6 % сурьмы (ПОССу-95-5, ПОССу-40-2, ПОССу-35-2, ПОССу-30-2, ПОССу-25-2, ПОССу-18-2, ПОССу-15-2, ПОССу-10-2, ПОССу-8-3, ПОССу-5-1, ПОССу-4-6).

В обозначении марки буквы указывают: ПОС — припой оловянно-свинцовый, М — медь, К — калий, Су — сурьмянистый; числа: первое число — процентное содержание олова, последующие числа — содержание меди или калия, остальное (от 100 %) — свинец.

В слесарном деле чаще всего используется ПОС-40.

Оловянно-свинцовые припои выпускают в виде проволоки, прутков, лент и трубок диаметром от 1...5 мм (трубки заполнены канифолью).

Мягкие припои применяют для соединений, к которым не предъявляются требования высокой прочности.

*Твердые припои* имеют температуру плавления 450...1100 °С и представляют собой тугоплавкие металлы и сплавы. Среди них выделяют медно-цинковые и серебряные припои. Для получения более качественного соединения деталей в припой

добавляют олово, марганец, железо и другие металлы. Согласно ГОСТу *медно-цинковые припои* выпускают трех марок: ПМЦ-36 — для латуни, ПМЦ-48 — для пайки медных сплавов, ПМЦ-54 — для пайки бронзы, меди, томпака и стали. Температура плавления этих припоев 700...950 °С. В марке буква П обозначает слово «припой», МЦ — медно-цинковые, число — процентное содержание меди, остальное — цинк.

Более качественные швы обеспечивают *серебряные припои* — сплавы серебра, меди, цинка и других элементов. Ими можно паять черные и цветные металлы и сплавы. Марки серебряных припоев: ПСр-72, ПСр-71, ПСр-70, ПСр-65, ПСр-62, ПСр-50, ПСр-45, ПСр-40, ПСр-25, ПСр-15, ПСр-10 и др. Буквы обозначают припой серебряный, число — процентное содержание серебра.

Твердые припои применяют для получения соединений, которые должны быть прочными при высоких температурах, стойкими к коррозии. Их выпускают в виде порошка или пластин.

Пайка изделий из алюминия и его сплавов выполняется *алюминиевыми припоями* — сплавами алюминия с кремнием, медью или с медью и кремнием. Коррозионо-стойкие и жаропрочные стали, изделия, работающие при высоких температурах, паяют *никелевыми припоями* — сплавами никеля с хромом и другими элементами.

Суть пайки заключается в том, что в зазор между соединяемыми деталями вводится дополнительный присадочный металл (припой), который имеет более низкую температуру плавления, чем соединяемые детали. Расплавленный припой, смачивая поверхности деталей, соединяет их при охлаждении и затвердевании.

Место соединения деталей с помощью припоя называется **паяным швом**. В зависимости от назначения паяные швы бывают прочные, плотные и прочноплотные. *Прочный шов* должен обладать определенной механической прочностью. *Плотные швы* — сплошные герметичные, не допускающие проникновения пара, жидкости или газа. *Прочноплотные швы* должны обладать хорошей механической прочностью и быть герметичными. Виды паяных швов показаны на рис. 16.1.



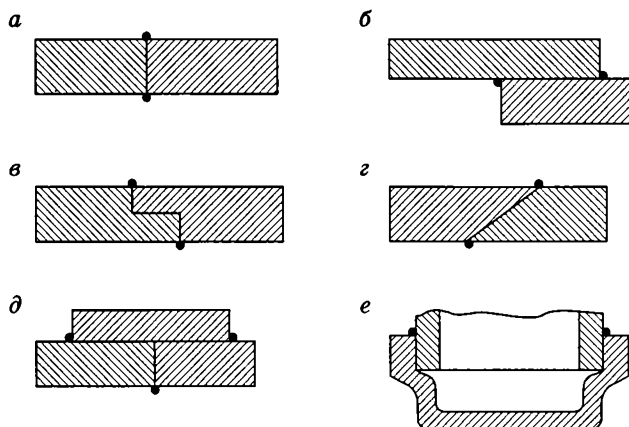


Рис. 16.1. Виды паяных швов:

*а* — встык; *б* — внахлестку; *в* — ступенчатый; *г* — вскос;  
*д* — стыковой с накладкой; *е* — герметичный

Преимущества пайки — незначительный нагрев соединяемых деталей, что сохраняет структуру и механические свойства металла; достаточно чистая поверхность соединения, не требующая последующей обработки; сохранение размеров и форм детали; прочность соединения.

## 16.2. Подготовка деталей к пайке

Для получения качественного паяного шва необходимо перед пайкой подготовить соединяемые поверхности деталей. Их механически зачищают, обезжиривают, травят, промывают и собирают.

Механическая очистка выполняется наждачной бумагой, напильниками, металлическими щетками, шлифовальными кругами. При этом удаляются оксиды и окалина.

Для снятия оксидов с поверхности деталей можно применять химическое обезжиривание с помощью раствора венской извести. После химической обработки известь смывается водой. Можно использовать обезжиривание в органических растворителях — бензине, ацетоне, бензоле, скипидаре, метиловом

и этиловом спирте — с последующей промывкой в горячей и холодной воде.

Химическое травление применяют в тех случаях, когда имеющиеся на поверхности изделия пленки оксидов и других соединений обезжириванием не удаляются и препятствуют образованию прочного соединения. Травление осуществляют погружением изделий в растворы серной, соляной, фосфорной и других кислот. Протравленные детали подвергают тщательной промывке в проточной воде с последующей просушкой.

Подготовка к пайке сложных узлов, состоящих из нескольких деталей, заключается в скреплении деталей проволокой, прижимами или другими приспособлениями. Применяемые способы крепления деталей должны обеспечивать их необходимое взаимное расположение и зазор между спаиваемыми поверхностями. Размеры зазора зависят от вида припоя и паяемого материала. Зазоры между деталями не должны превышать 0,05...0,15 мм для стали и 0,1...0,3 мм для меди.

Поверхность, которая не должна покрываться припоем, предварительно обмазывают специальными пастами из глины, мела, графита и т.п.

Для хорошего смачивания припоем поверхности основного металла необходимо применять *флюсы*, без которых паяние невозможно. К флюсам предъявляются следующие требования: температура плавления флюса должна быть ниже температуры плавления припоя; флюсы должны способствовать созданию прочного соединения с соединяемыми металлами, не растворяться в них и не оказывать на металл вредного химического воздействия; для лучшего затекания расплавленного припоя в шов флюсы должны увеличивать жидкотекучесть припоя, иметь малую плотность, чтобы в процессе пайки они могли всплывать на поверхность шва, а после пайки легко с него удаляться.

Для пайки мягкими припоями флюсами служат: хлористый цинк  $ZnCl_2$  — соляная кислота (для пайки стали, меди, алюминия); канифоль — желтовато-коричневое смолистое вещество, получаемое при перегонке сосновой смолы (для пайки меди и ее сплавов); стеарин (для пайки свинца и его сплавов); нашатырь (хлористый аммоний  $NH_3Cl$ ).

Хлористый цинк обычно получают растворением кусочка цинка в соляной кислоте. Полученный раствор часто называют «паяльной кислотой».

Для флюсования можно применять как порошкообразный и кусковой нашатырь, так и его раствор: на 1 весовую часть нашатыря берут 5 весовых частей воды.

Для пайки электрических проводов, когда кислотные флюсы могут вызвать коррозию металлов, применяют антикоррозионные бескислотные флюсы — органические вещества (канифоль и стеарин).

Для пайки твердыми припоями в качестве флюса используют буру, борную кислоту, а также смеси буры с борной кислотой, борным ангидридом и некоторые другие вещества.

Бура используется в виде порошка, а перед нанесением на поверхность ее прокаливают. Иногда в буру добавляют цинк.

Борная кислота представляет собой белые жирные на ощупь чешуйки. По своим флюсующим свойствам борная кислота лучше буры, но стоимость ее выше.

Смесь буры и борной кислоты готовится в 50% -м соотношении компонентов, разведенных в растворе хлористого цинка.

В качестве флюсов для пайки алюминиевых сплавов используют химические смеси, состоящие из хлористого натрия, хлористого лития, хлористого калия, хлористого цинка. Хлористые соли обладают способностью растворять оксиды алюминия и понижать температуру плавления припоя.

### 16.3. Оборудование и инструмент для пайки

Для пайки мягкими припоями инструментом является *паяльник*. По способу подогрева паяльники бывают периодического и непрерывного подогрева. Паяльники периодического подогрева молоткового (рис. 16.2, а) и торцового (рис. 16.2, б) типов изготавливают из высококачественной красной меди; их рабочая часть закрепляется на стальном стержне с деревянной рукояткой на конце. Такие паяльники периодически подогревают от постороннего источника теплоты: горна, паяльной лампы, газовой горелки и т.п.

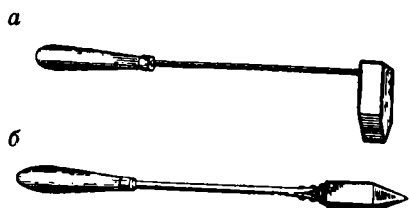


Рис. 16.2. Типы паяльников:  
а — молотковый; б — торцовый

Наиболее часто для нагрева используют **паяльные лампы**. На рис. 16.3 показана лампа, работающая на бензине, спирте или керосине. Основными ее частями являются предохранительный стержень 1, резервуар для горючего 2, воздушное пространство 3, нагревательная ванночка 4, каналы смесителя 5, труба 6, смесительная труба 7, сопло 8, устройство 9, труба 10, смесительная труба 11, сопло 12, устройство 13.

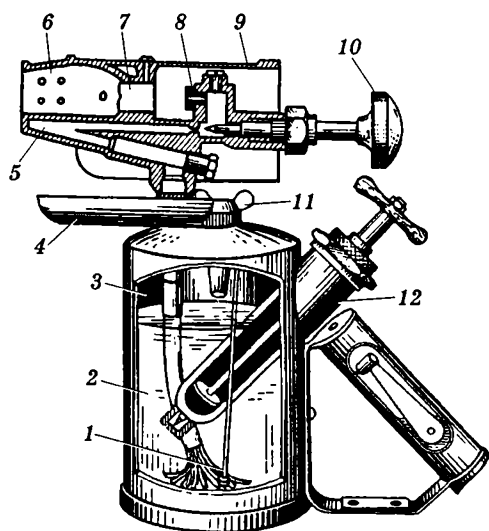


Рис. 16.3. Паяльная лампа, работающая на бензине, спирте или керосине:

1 — предохранительный стержень; 2 — резервуар для горючего; 3 — воздушное пространство; 4 — нагревательная ванночка; 5 — смеситель; 6 — труба; 7 — смесительная труба; 8 — сопло; 9 — защитное устройство; 10 — вентиль; 11 — крышка; 12 — насос

защищающее от ветра, вентиль *10*, крышка заливного отверстия *11* и насос *12*.

В качестве подогревателя может использоваться *керосиновая лампа* (рис. 16.4). Для ее разжигания надо налить в ванночку *3* немного керосина и поджечь его. Но перед этим вентиль *4* закрывают, а воздушный клапан *2* открывают. К моменту полного сгорания керосина в ванночке следует закрыть клапан *2*, подкачать воздух в резервуар *1*, приоткрыть вентиль *4* и поставить лампу около защитного устройства на расстоянии 100...150 мм, а затем отрегулировать интенсивность горения. Гасят лампу закрытием вентиля *4* и выпуском воздуха из резервуара *1* клапаном *2*. К паяльникам непрерывного подогрева относят газовые, бензиновые и электрические паяльники.

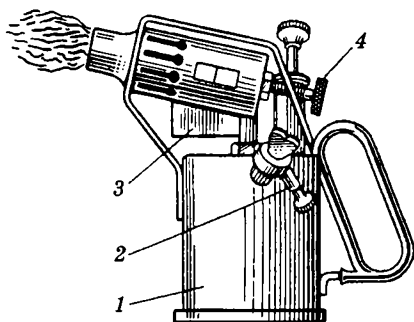


Рис. 16.4. Керосиновая паяльная лампа:

*1* — резервуар; *2* — воздушный клапан; *3* — ванночка; *4* — вентиль

*Газовый паяльник* (рис. 16.5) имеет ацетиленокислородную горелку *4*, к которой на стержне *2* крепится с помощью хомутика *3* рабочая часть *1* паяльника. Ниппели *7*, *8* прикреплены к рукоятке *6*. Кислород и ацетилен подаются по шлангам к ниппелям *7*, *8*. Подача ацетиленокислородной смеси в горелку регулируется вентилями *5*, *9*. На выходе из сопла *10* горелки ацетиленокислородную смесь зажигают и нагревают рабочую часть паяльника.

*Бензиновый паяльник* (рис. 16.6) представляет собой соединение рабочей головки *1* паяльника с бензиновой горелкой *2*, пламя которой непрерывно подогревает паяльник. Рукоятка *3*

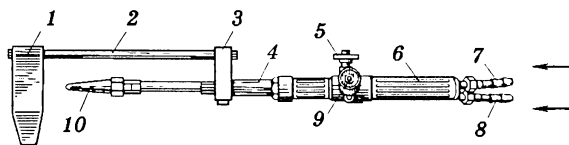


Рис. 16.5. Газовый паяльник:

1 — рабочая часть паяльника; 2 — стержень; 3 — хомут; 4 — ацетиленокислородная горелка; 5, 9 — вентили; 6 — рукоятка; 7, 8 — ниппели; 10 — сопло

является одновременно резервуаром для бензина. Резервуар заполняется бензином (не полностью), а затем закрывается вентилем на конце рукоятки.

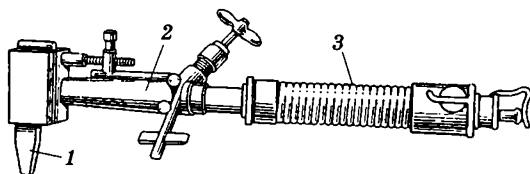


Рис. 16.6. Бензиновый паяльник:

1 — рабочая головка паяльника; 2 — бензиновая горелка; 3 — рукоятка

Наиболее широкое применение для пайки мягкими припоями получили *электрические паяльники*. На рис. 16.7 показан общий вид электрического паяльника торцового типа. Такие паяльники используют для пайки в труднодоступных местах (днище внутренней части резервуаров и т.п.). Нагрев рабочей части паяльника происходит электрическим током, проходящим по спирали, окружающей медный сердечник.

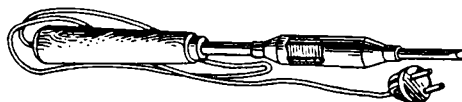


Рис. 16.7. Электрический паяльник

Паяльники имеют массу от 0,2 до 1 кг. Рабочая часть паяльника называется *обушкой*. Грани обушки заостренные и располагаются под углом  $30...40^\circ$  друг к другу. Температура

нагрева паяльников должна выдерживаться в пределах 250...600 °С.

Для пайки алюминия и его сплавов применяются *вибрационные ультразвуковые паяльники* с нагревательными элементами или без них.

При пайке твердыми припоями паяльники не применяют, а используют только нагрев припоя и мест паяния. Нагрев ведут в горнах, паяльными лампами, в электропечах, с помощью токов высокой частоты (установки ТВЧ).

#### 16.4. Пайка мягкими и твердыми припоями

Для пайки мягкими припоями обухок паяльника заправляют напильником или бруском и нагревают до температуры 250...300 °С.

Подготовка паяльника к работе показана на рис. 16.8. Нагретый паяльник сначала очищают от окалины погружением в хлористый цинк или нашатырь (рис. 16.8, *а*), затем облуживают его рабочую часть, для чего очищенным в хлористом цинке паяльником набирают с прутка одну-две капли припоя (рис. 16.8, *б*) и производят возвратно-поступательные движения по кусковому нашатырю до тех пор, пока носок не покроется ровным слоем припоя (рис. 16.8, *в*). Затем протравливают место пайки, для чего кисточкой (рис. 16.9, *а*) наносят раствор хлористого цинка или другой флюс. После этого паяльник накладывают на место пайки (рис. 16.9, *б-д*), где расплавленный припой стекает с паяльника и заполняет зазоры между

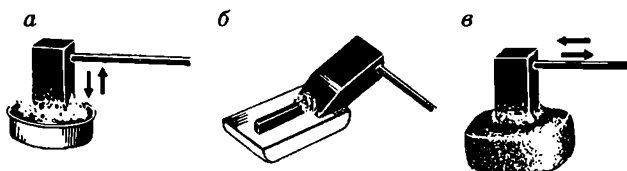


Рис. 16.8. Подготовка паяльника к работе:

*а* — очистка нагретого паяльника от окалины в хлористом цинке; *б* — захват припоя; *в* — облуживание паяльника на кусковом нашатыре

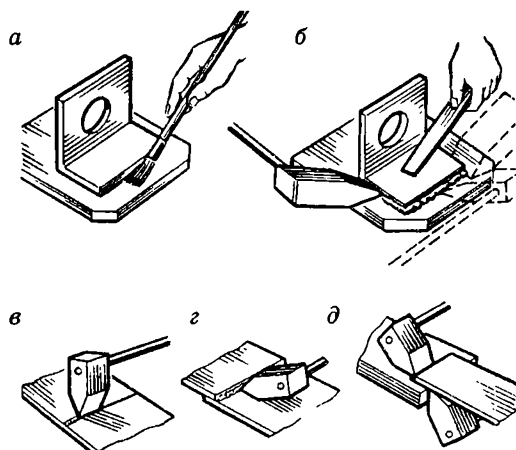


Рис. 16.9. Приемы пайки мягкими припоями:

а — протравливание места пайки флюсом; б–д — нанесение припоя и перемещение паяльника по шву

деталью. Если припой не растекается по поверхности и не затекает в зазор, то место пайки еще раз покрывают флюсом и повторяют операцию пайки. Скорость перемещения паяльника вдоль паяного шва зависит от массы паяльника, температуры его нагрева и массы (толщины) соединяемых деталей.

Если припой не заполняет зазор шва, а тянется за паяльником или превращается в кашицеобразную массу, это свидетельствует о том, что паяльник остыл или недостаточно нагрет. Перегрев паяльника вызывает повышенное окалинообразование и ухудшает лужение. Часто перед пайкой для надежного схватывания припоя применяют предварительное облуживание поверхностей спая, для чего эти поверхности покрывают тонким слоем припоя (олова).

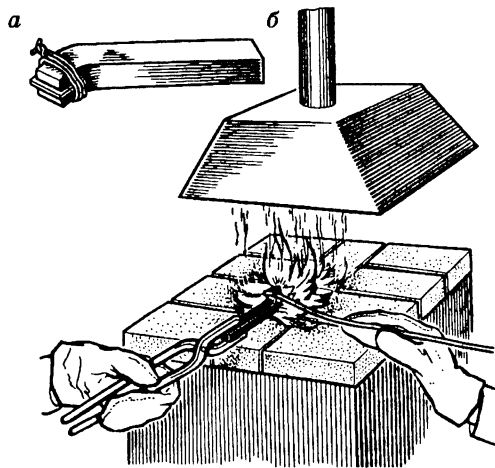
После пайки с полученного шва удаляют остатки флюса путем промывания детали в проточной воде, затем в водном растворе каустической соды, снова в проточной воде и просушивают. Контроль пайки проводят путем внешнего осмотра шва, плотный шов проверяют на герметичность (не допускается протекание воды через шов). Прочные швы не должны давать трещин при изгибах.



Подготовка деталей для пайки твердыми припоями такая же, как и для пайки мягкими припоями. После очистки поверхностей и нанесения флюса (буры) в зазоры вводят припой в виде порошка, ленты, пластинки и т.д., затем скрепляют соединяемые детали проволокой, чтобы они не сместились. После такой подготовки деталь осторожно вводят в зону пламени паяльной лампы, газовой горелки, горна или в индуктор установки ТВЧ и следят за процессом плавления припоя. Вначале нагревать место пайки надо медленно, с выдержкой до 5 мин на каждом этапе. Когда вздувшаяся бура осядет, нагрев усиливают и продолжают до тех пор, пока припой полностью не расплавится и не зальет зазоры между соединяемыми деталями.

По окончании пайки деталь медленно охлаждают, зачищают шов от излишков наплавленного и вытекшего припоя наждачной бумагой или напильником, затем промывают и сушат.

На рис. 16.10, *а, б* показана пайка пластины твердого сплава токарного резца с помощью латунного припоя. Припой подкладывается под твердосплавную пластину и вместе с ней крепится стальной проволокой к головке резца (рис. 16.10, *а*). Место пайки посыпают бурой и нагревают в кузнечном горне



*Рис. 16.10.* Пайка пластины токарного резца твердыми припоями:  
*а* — фиксация твердосплавной пластины к резцу; *б* — процесс пайки

(рис. 16.10, б) до расплавления порошка буры (при температуре 650...700 °С), затем вновь наносят порцию буры и продолжают нагрев до расплавления припоя (до температуры 850...900 °С), который должен заполнить зазор между деталями. Для более плотного соединения правой рукой прижимают пластину стальным стержнем к резцу. После пайки резец медленно охлаждают, освобождают от фиксирующей проволоки, очищают от остатков буры и подтеков расплавленного припоя.

Качество паяного шва оценивают визуально. Смещение и перекосы при пайке твердыми припоями возникают из-за плохого скрепления деталей перед пайкой. Необходимо исключить смещение соединяемых деталей при затвердевании припоя.

Применяется другой способ пайки: подготовленную деталь нагревают и подводят к месту соединения конец медной или латунной проволоки, которая, расплавляясь, заливает места пайки.

## Особенности пайки различных

### 16.5. металлов и сплавов

В зависимости от химического состава сплавов, из которых изготовлены соединяемые детали, технологические процессы пайки отличаются рядом особенностей.

Низкоуглеродистые стали могут подвергаться пайке как твердыми, так и мягкими припоями. В качестве флюсов применяют соответственно буру и борную кислоту, а также хлористый цинк, канифоль и т.д. Твердыми припоями могут быть медно-цинковые или серебряные, а мягкими — оловянно-свинцовые.

Высокоуглеродистые стали можно паять припоями марок ПОС и серебряными.

Чугунные детали соединяют с помощью латунных и серебряных припоев. Особенностью подготовки таких деталей к пайке является выжигание с помощью ацетиленокислородной

горелки или паяльной лампы свободного графита в металлах спая. По окончании пайки производят отжиг соединяемых деталей по следующему режиму: нагрев до температуры 700...750 °С, выдержка в течение 20...25 мин с последующим медленным охлаждением на воздухе.

При пайке алюминия и его сплавов основной трудностью является удаление из зоны пайки тонкой пленки оксида, очень быстро образующейся при нагревании алюминия в окружающем воздухе. Хорошие результаты при пайке алюминия дает применение ультразвуковых паяльников, которые вызывают в расплавленном припое колебания ультразвуковой частоты, разрушающие оксидную пленку. Ультразвуковая пайка производится с применением припоя на основе цинка или олова с добавлением кадмия и алюминия.

Коррозионно-стойкие стали можно паять медно-цинковыми, медно-никелевыми, хромоникелевыми и серебряными припоями. Флюсом обычно служит бура плавленная (50 %), борная кислота, разведенная в растворе хлористого цинка (50 %). Нагрев ведут осторожно до светло-красного каления, после чего вводят припой.

Медь и ее сплавы хорошо паяются всеми способами.

## 16.6. Лужение

*Лужение* — это покрытие поверхности металлических деталей тонким слоем расплавленного олова или оловянно-свинцовыми сплавами (припоями). Та часть олова или его сплава, которая наносится на поверхность металла, образует *полуду*.

Лужение производят в целях защиты деталей от коррозии и окисления, подготовки поверхностей соединяемых деталей к паянию мягкими припоями, перед заливкой вкладышей подшипников скольжения баббитом и в тех случаях, когда от изготовленного сосуда требуется герметичность.

Лужение поверхностей производят *горячим* или *электролитическим (гальваническим) способом*. Лужение горячим способом благодаря своей простоте, легкости выполнения

и несложному оборудованию находит широкое применение при слесарной обработке изделий.

Перед лужением поверхность подготавливают механическим или химическим способом. *Механическая подготовка* выполняется металлической щеткой, шлифовальной шкуркой, напильником, шабером до равномерного металлического блеска. При *химической подготовке* поверхность протравливают в течение 30 мин в 20...30%-м растворе соляной или серной кислоты, промывают водой, протирают влажным речным песком, снова промывают в горячей воде и сушат.

*Химическое обезжиривание* поверхностей изделий можно выполнять в водном растворе каустической соды (10 г соды на 1 л воды). Раствор доводят до кипения и погружают в него деталь на 10...15 мин. Затем изделие несколько раз промывают в сменяемой теплой воде и просушивают. Жировые пятна удаляют венской известью, минеральные масла — бензином, керосином и другими растворителями.

Лужение горячим способом может выполняться погружением и растиранием.

*Лужение погружением* (рис. 16.11, а) применяется для мелких изделий. В чистой металлической посуде расплавляют полуду и насыпают на ее поверхность маленькие кусочки древесного угля для предохранения от окисления. Изделие опускают в полуду и выдерживают в ней до прогревания, а затем вынимают и встряхивают. Излишки полуды удаляют паклей,

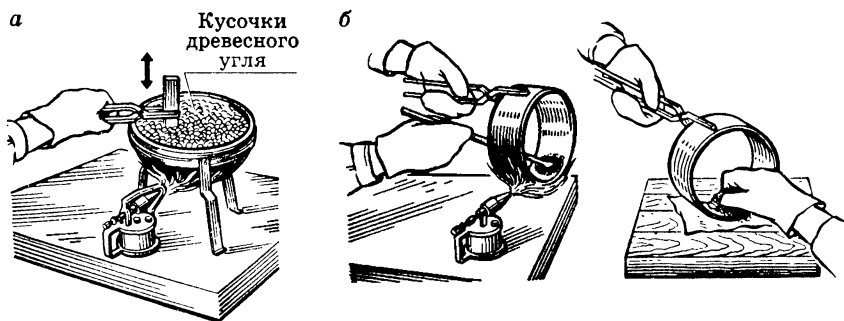


Рис. 16.11. Приемы лужения деталей:  
а — погружением; б — растиранием

обсыпанной порошкообразным нашатырем. Изделие промывают в воде и сушат в древесных опилках.

Перед лужением *растиранием* (рис. 16.11, б) проводится механическая подготовка поверхностей детали, а затем ее промывка в течение 1...2 мин в кипящем 10% -м растворе каустической соды и в горячей воде. Непосредственно перед лужением поверхности детали покрывают флюсом (хлористым цинком) с помощью волосяной кисти, войлока или пакли. Затем изделие нагревают до температуры плавления олова так, чтобы наносимая полуда плавилась и растекалась по поверхности. Расплавленную полуду растирают паклей, пропитанной нашатырем. Растирание проводят так, чтобы полуда распределилась равномерным слоем по всей поверхности обработки. После этого нагревают и в таком же порядке облуживают другие места изделия. По окончании лужения охладившееся изделие протирают смоченным песком, промывают и сушат.

## Брак при пайке и лужении.

### Организация рабочего места

#### **16.7.** и безопасность труда

Рассмотрим дефекты при пайке, их причины и меры предотвращения.

1. Припой не смачивает поверхность паяемого металла вследствие недостаточной активности флюса, наличия оксидной пленки, жира и других загрязнений. Для предотвращения несмачивания в состав флюса добавляют фтористые соли или увеличивают его количество, улучшают обработку деталей, удаляя следы коррозии, жира.

2. Наплывы или натеки припоя вследствие недостаточного прогревания детали, припой не расплавился. Необходимо повысить температуру пайки.

3. Припой при хорошем смачивании не затекает в зазор, который мал или велик. Надо подобрать оптимальный зазор.

4. Шероховатая поверхность паяного шва, получаемого при высокой температуре нагрева или длительном нагреве. Необходимо уменьшить температуру или время пайки.

5. Трещины в паяном шве вследствие значительной разницы в коэффициентах теплового расширения припоя и металла. Необходимо подобрать соответствующий припой.

6. Смещение и перекосы в паяных соединениях как результат плохого скрепления деталей перед пайкой. Необходимо исключить смещение соединяемых деталей при затвердевании припоя.

Рабочее место для пайки и лужения следует располагать в специальном помещении, оборудованном хорошо действующей приточно-вытяжной вентиляцией и обеспеченном подводом воды, поскольку приходится иметь дело с кислотами и щелочами, вызывающими при попадании на кожу ожоги. Их пары вредно действуют на дыхательные органы. Пайка и лужение, кроме того, связаны с применением горючих веществ и источников нагрева. Поэтому на рабочем месте необходимо предусмотреть дополнительные меры противопожарной защиты (металлические экраны, облицовка столов и верстаков листовым металлом и др.).

Кислоты и щелочи необходимо хранить в стеклянных бутылках с хорошо притертыми пробками. На слесарных участках разрешается иметь небольшое количество кислот и щелочей, разведенных до рабочей концентрации. При работе с кислотами и щелочами надевают резиновые перчатки и сапоги, прорезиненный фартук, защитные очки. Разводя кислоту, ее осторожно льют в воду, непрерывно помешивая раствор. Растворы приготавливают в вытяжном шкафу.

Все работы с кислотами и щелочами выполняют вблизи водопроводного крана. При попадании на кожу кислоты или щелочи ее немедленно смывают сильной струей воды.

Флюсы хранят в хорошо закрывающейся посуде, снабженной соответствующими этикетками.

Нагретые паяльники укладывают на специальные подставки. Для нагрева паяльника часто применяют паяльные лампы. Их заправляют только соответствующими горючими

жидкостями. Заправку производят в пожаробезопасном месте через небольшую воронку на  $3/4$  объема резервуара и только после полного остывания лампы.

При использовании электропаяльников необходимо следить за состоянием электропроводки.

После окончания работы и перед приемом пищи следует тщательно мыть руки с мылом.

В помещениях, где выполнялись паяльные работы, необходимо мыть полы, сухая уборка не разрешается.

### Вопросы и задания для самоконтроля

1. Какова суть пайки?
2. Назовите виды пайки.
3. Приведите примеры и маркировку мягких и твердых припоев.
4. Какие припои используют для пайки коррозионно-стойких и жаропрочных сталей?
5. Назовите виды паяных швов.
6. Какие способы подготовки деталей к пайке вы знаете?
7. Перечислите флюсы для пайки мягкими и твердыми припоями.
8. Какое оборудование и инструмент применяют для пайки?
9. Объясните технологию пайки мягкими припоями.
10. Опишите технологию пайки твердыми припоями.
11. Каковы особенности пайки низкоуглеродистых и высокоуглеродистых сталей?
12. Назовите особенности пайки чугуна и алюминия.
13. Каковы назначение и суть лужения?
14. Как подготавливают детали к лужению?
15. Каковы способы лужения и их суть?
16. Назовите виды брака при пайке и лужении и способы его предупреждения.
17. Каковы особенности организации рабочего места при пайке и лужении?
18. Назовите меры безопасности при пайке и лужении.

**17.1. Понятие о технологическом процессе**

*Производственный процесс* — это процесс превращения поступивших на завод полуфабрикатов или сырья в готовую продукцию. Он включает обработку деталей, сборку из них готовой продукции, ремонт оборудования, изготовление оснастки и т.д.

*Технологическим процессом* называется часть производственного процесса, связанная с изменением размеров, форм или свойств материала заготовки для получения из нее готовой детали.

Таким образом, производственный процесс связан с изготовлением изделия в целом, а технологический процесс относится к изготовлению какой-либо конкретной детали.

Составными частями технологического процесса являются операция, установ, переход и ход.

Любой технологический процесс состоит из технологических операций. *Технологической операцией* называют законченную часть технологического процесса обработки одной или сразу нескольких заготовок, выполняемую одним или несколькими рабочими на одном рабочем месте. Операция начинается с момента установки заготовки на станок и включает всю последующую ее обработку и снятие со станка. Операция является основным элементом при разработке, планировании и нормировании технологического процесса.

Операцию выполняют за один или несколько установов заготовки. *Установ* — часть технологической операции, выполняемая при неизменном закреплении обрабатываемой заготовки или собираемой сборочной единицы.

В установе выделяют определенные позиции заготовки. *Позиция* — фиксированное положение, занимаемое закреп-



ленной заготовкой совместно с приспособлением относительно инструмента или неподвижной части оборудования для выполнения определенной части операции.

Технологическая операция может быть выполнена за один или за несколько переходов. *Технологическим переходом* называется часть операции, которая характеризуется постоянством режущего инструмента, режима обработки и обрабатываемой поверхности. Помимо технологических переходов различают также *вспомогательные переходы*, связанные с подготовкой к выполнению технологического перехода. К вспомогательным переходам относят установку заготовки, снятие детали, замену инструмента и т.д.

В свою очередь, переход подразделяется на более мелкие элементы технологического процесса — *ходы*. Ходы бывают рабочие и вспомогательные. *Рабочий ход* — это законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения режущего инструмента относительно заготовки, необходимого для изменения формы, размеров, шероховатости поверхности или свойств заготовки. Например, при опиливании молотка с квадратным бойком надо снять слой металла толщиной 0,5 мм, а напильник за один рабочий ход снимает 0,1 мм; следовательно, здесь будет пять рабочих ходов. *Вспомогательный ход* — это те перемещения режущего инструмента относительно заготовки, которые необходимы для выполнения рабочего хода (подвод, отвод режущего инструмента и т.д.).

Таким образом, технологический процесс подразделяется на операции. Операции состоят из переходов, а каждый переход включает один или несколько ходов.

## **17.2. Разработка технологического процесса**

Для разработки технологического процесса требуются следующие исходные данные:

- чертеж детали и технические условия на ее изготовление;
- чертеж заготовки (штамповки, отливки и т.д.);

- размер партии деталей;
- паспортные данные оборудования.

Для разработки правильного и рационального технологического процесса необходимо всесторонне ознакомиться с чертежом и требованиями к данной детали, а в некоторых случаях — с чертежом заготовки.

Разработка технологического процесса изготовления детали включает решение следующих вопросов:

- выбор технологических методов и последовательности обработки детали и каждой ее поверхности;
- выбор технологических баз и способов закрепления заготовки;
- выбор оборудования, приспособлений, режущего инструмента;
- определение режимов обработки;
- выбор способов контроля и измерительного инструмента;
- нормирование обработки.

В зависимости от типа производства (единичное, серийное, массовое), а также наличного оборудования проектирование технологического процесса имеет ряд особенностей. При единичном производстве технологический процесс проектируют с расчетом на универсальное оборудование, приспособления, режущий и измерительный инструмент. При серийном производстве технологический процесс строят с учетом гибкости производства. Здесь желательно применить станки с ЧПУ, а также полуавтоматическое оборудование, универсально-сборные и наладочные приспособления. При массовом производстве технологический процесс разрабатывают с расчетом на использование специализированного высокопроизводительного и специального оборудования, специальных приспособлений и инструмента.

Исходя из рабочего чертежа и размеров партии выбирают способ получения заготовки. При отсутствии чертежа заготовки определяют ее размеры с учетом припуска на дальнейшую обработку. В единичном производстве заготовку вырезают обычно из сортового или листового металла, при серийном и массовом производствах — отливают или штампуют.

Далее для выбранной заготовки намечают технологические базы. *Технологической базой* называется совокупность поверхностей или линий, относительно которых ориентируется поверхность детали, обрабатываемая на данной операции. Сначала выбирают *черновую базу* — поверхности, по которым выполняется первая установка заготовки. Затем намечают *базы для чистовой обработки*. Во всех случаях надо соблюдать принцип единства баз, состоящий в том, что вся обработка изделий должна выполняться от одной базы.

Вид заготовки обуславливает необходимость тех или иных операций, а требования к качеству детали определяют различный порядок операций, выбор технологических баз, необходимость отделочных операций.

Когда последовательность обработки определена и операции намечены, для каждой из них подбирают необходимое оборудование, технологическую оснастку (режущий и измерительный инструмент, приспособления), вспомогательные материалы (СОТС и др.).

Назначаются *межоперационные припуски* — слой металла, удаляемый на каждой операции. Они находятся в пределах допуска на данную операцию и определяются по таблицам допусков исходя из размера и качества точности, достигаемого на данной операции.

При обработке деталей на станках рассчитываются и назначаются режимы обработки.

Работа *нормируется*, т.е. определяется норма времени на каждую операцию и каждый переход.

Обычно в технологическом процессе слесарной обработки принимают такую последовательность выполнения операций:

1) заготовительные операции, обеспечивающие получение заготовок;

2) подготовительные операции на заготовках (разметка, правка), которые могут не только предшествовать черновым, но и включаться в процесс между слесарными черновыми операциями;

3) черновые слесарные операции;

4) чистовые слесарные операции;

5) контрольные операции.

## 17.3. Технологическая документация

**Технологическая документация** — это графические и текстовые документы, определяющие технологический процесс изготовления продукции. Виды и формы технологических документов установлены Единой системой технологической документации (ЕСТД).

Технологический процесс оформляют в виде следующих документов: маршрутных и операционных карт, карт технологического процесса, карт эскизов и технологических инструкций. Правила оформления этих документов строго регламентированы.

Основным документом, определяющим технологический процесс изготовления детали, является *маршрутная карта*. В ней содержится описание технологического процесса изготовления или ремонта изделия по всем операциям в технологической последовательности и приводятся данные об оборудовании, технологической оснастке, материальных и трудовых нормативах.

В единичном и мелкосерийном производствах часто нет необходимости в подробном описании технологического процесса; достаточно установить последовательность технологических операций. Для этих целей предусмотрена упрощенная форма маршрутной карты.

Для работ одного вида, выполняемых в одном цехе, вместо маршрутной карты предусмотрена в качестве основного документа *карта технологического процесса*.

Для серийного и массового производств, где технологический процесс разрабатывается более подробно, установлена также *операционная карта*. Она содержит описание технологической операции с указанием переходов, режимов обработки, данные об инструментах, приспособлениях и другой технологической оснастке.

*Карты эскизов* содержат эскизы, схемы и таблицы, необходимые для выполнения технологического процесса, операции или перехода.

**Технологические инструкции** представляют собой описание приемов работ или процессов изготовления либо ремонта изделия, правила эксплуатации технологической оснастки и другие указания, связанные с процессом изготовления изделия.

Наряду с указанными в качестве основных технологических документов при изготовлении изделий иногда используют комплектовочные карты, ведомости оснастки и материалов.

Строгое соблюдение разработанной технологии изготовления изделий называется **технологической дисциплиной**. Она обязательна для всех работников, участвующих в технологическом процессе изготовления изделия.

### Вопросы и задания для самоконтроля

1. Что называют технологическим процессом?
2. Назовите составные части технологического процесса и дайте их определение.
3. Что понимают под разработкой технологического процесса?
4. Что представляет собой технологическая документация?
5. Какие исходные данные необходимы для разработки технологического процесса?
6. Какие вопросы решаются при разработке технологического процесса изготовления детали?
7. Каков порядок разработки технологического процесса изготовления детали?

## Резание металлов как технологический

## 18.1. способ обработки

*Резанием металлов* называется вид обработки, при котором с поверхности заготовки с помощью режущего инструмента снимается припуск в виде стружки. Резание обеспечивает наибольшую точность обработки и наилучшую шероховатость обрабатываемых поверхностей.

Резание металлов выполняется режущим инструментом на металлорежущих станках. Припуск может удаляться одновременно с нескольких поверхностей заготовки или последовательно с каждой обрабатываемой поверхности. В ряде случаев припуск может быть настолько большим, что его срезают не сразу, а за несколько проходов. После срезания с заготовки всего припуска, оставленного на обработку, заготовка превращается в деталь.

Металл, удаляемый с заготовки в процессе резания, подвергается пластическому деформированию и разрушению. В результате этого материал припуска, отделенный от обрабатываемой заготовки, приобретает характерную форму. И в таком виде его принято называть *стружкой*. Срезанная с заготовки стружка является побочным продуктом — отходом при обработке металлов резанием. Пластическое деформирование и разрушение материала припуска с превращением его в стружку протекает при резании в специфических условиях.

Процесс образования стружки можно проследить на примере работы строгального резца (рис. 18.1). Резец, перемещаясь относительно обрабатываемой заготовки, с силой  $F$  вдавливается в ее поверхностный слой, подлежащий удалению. Под

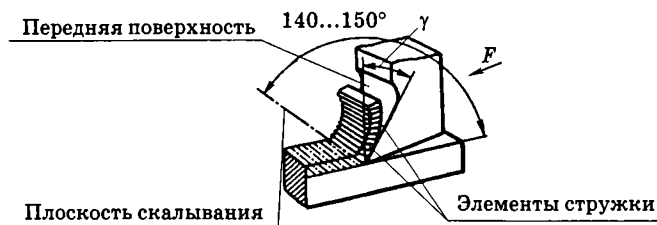


Рис. 18.1. Схема образования стружки

влиянием этой силы происходит пластическая деформация срезаемого слоя. Отдельные его частицы смещаются относительно друг друга. По мере продвижения инструмента деформация возрастает до тех пор, пока не произойдет местное разрушение металла, т.е. скалывание кусочка деформированного металла — элемента стружки. Таким образом, постепенно весь слой металла, подлежащий удалению, превратится в стружку.

В процессе резания режущий инструмент преодолевает не только силы сцепления частиц металла, но и силы внешнего трения заготовки о металл, которые зависят от геометрии инструмента.

Срезаемые стружки имеют различные вид и форму, зависящие от химического состава, структуры и механических свойств обрабатываемых металлов, толщины срезаемого слоя, величины переднего угла инструмента, скорости резания и прочих факторов, оказывающих меньшее влияние.

По внешнему виду и строению стружка подразделяется на три основных типа: сливная, скалывания и надлома.

**Сливная стружка** (рис. 18.2, а), гладкая и блестящая со стороны, прилегающей к передней поверхности режущего клина, и ребристая с противоположной стороны, образуется при обработке пластичных материалов (например, сталей) невысокой твердости, при резании слоя малой толщины  $a$  с большим передним углом  $\gamma$ . Сливная стружка малодеформируема и обладает большой твердостью.

При увеличении твердости и прочности обрабатываемой стали, уменьшении угла  $\gamma$  и увеличении толщины срезаемого слоя деформация при резании возрастает и образуется *стружка*

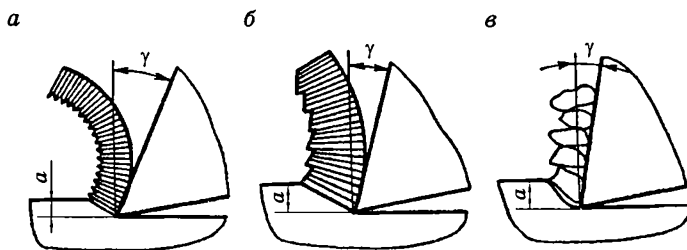


Рис. 18.2. Типы стружки:

а — сливная; б — скалывания; в — надлома

скалывания (рис. 18.2, б), состоящая из элементов («сколов»), смещенных относительно друг друга по плоскостям сдвига. Эти элементы, четко видные на боковых сторонах и внутренней поверхности стружки, достаточно прочно соединены между собой. Стружка скалывания более деформируема, чем сливная, ее прочность ниже.

Стружка надлома (рис. 18.2, в), состоящая из отдельных, не связанных друг с другом элементов, образуется при резании хрупких материалов (например, чугунов).

Таким образом, характерным признаком обработки металлов резанием является стружка.

Способы разрезания металлов на части, при которых стружка не образуется (например, резка ножницами), к обработке резанием не относятся. Условия деформирования обрабатываемого металла и образования новых поверхностей при резке ножницами не подчиняются закономерностям теории резания металлов.

В зависимости от применяемого режущего инструмента и способа выполнения основных движений в процессе резания различают следующие методы резания:

- точение на станках токарной группы;
- строгание на строгальных станках;
- долбление на долбежных станках;
- сверление на сверлильных станках;
- фрезерование на фрезерных станках;
- шлифование на шлифовальных станках.



## 18.2. Элементы резания

Заготовки, предназначенные для изготовления деталей машин, имеют исходные поверхности. В процессе обработки резанием с заготовки слой за слоем срезается припуск, в большинстве случаев прилегающий к поверхностям заготовки. За первый проход режущего инструмента вместе с поверхностным слоем с заготовки срезается и ее исходная поверхность. При этом образуется новая поверхность. За второй проход того же или другого режущего инструмента с заготовки срезается второй слой металла и вместе с ним поверхность, образованная во время первого прохода инструмента. После второго прохода на заготовке образуется новая поверхность.

Поверхности на заготовках, срезаемые за каждый очередной проход режущего инструмента, принято называть **обрабатываемыми** (рис. 18.3). Поверхности на заготовках, вновь образуемые во время очередного прохода инструмента, называют **обработанными**. Промежуточную поверхность, временно существующую в процессе резания между обрабатываемой и обработанной поверхностями, принято называть **поверхностью резания**.

Чтобы срезать слой металла, оставленный на заготовке как припуск на обработку, лезвия инструмента должны проникнуть

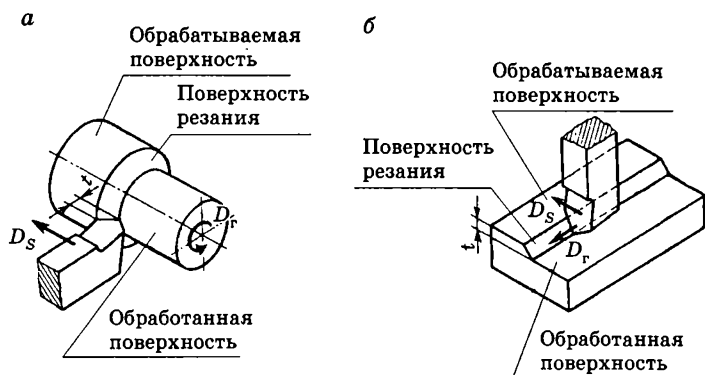


Рис. 18.3. Поверхности на обрабатываемых заготовках:  
а — при точении; б — при строгании

в металл на глубину, равную этому припуску. В этом случае весь припуск срезается за проход инструмента. Если припуск велик, то его срезают за два и более прохода. Глубину проникновения лезвия инструмента в металл заготовки во время каждого прохода принято называть *глубиной резания*. Она обозначается буквой  $t$  и выражается в миллиметрах.

В большинстве случаев обработки металлов резанием глубина резания определяется как расстояние между обрабатываемой и обработанной поверхностями, измеряемое в направлении, перпендикулярном к обработанной поверхности. При сверлении отверстий глубина резания равна радиусу сверла, т.е.  $t = D/2$ , где  $D$  — диаметр сверла, мм.

При точении, растачивании, рассверливании, развертывании отверстий глубина резания равна полуразности диаметров до ( $D$ , мм) и после ( $d$ , мм) обработки (рис. 18.4):

$$t = (D - d)/2.$$

При обработке плоскостей глубина резания равна разности высот (толщин) заготовки до ( $H$ , мм) и после ( $h$ , мм) обработки:

$$t = H - h.$$

Процесс резания возможен только при непрерывном относительном взаимном перемещении обрабатываемой заготовки и лезвий режущего инструмента. Обрабатываемые заготовки и режущий инструмент приводятся во взаимосогласованное движение механизмами металлорежущих станков. Движение может быть сообщено заготовке и инструменту одновременно, последовательно, поочередно, а также только одному из них (инструменту или заготовке).

Механизмы станка сообщают исполнительным органам только два простейших движения — вращательное и поступательное. Сочетания и количественные соотношения этих двух движений определяют все известные виды обработки металлов

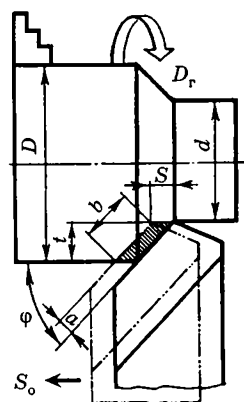


Рис. 18.4. Элементы резания и направление движения при точении

резанием. В процессе резания поступательное или вращательное движение одного из рабочих органов станка сообщает заготовке или режущему инструменту главное движение резания  $D_r$ , происходящее с наибольшей скоростью по сравнению со скоростью движения других органов. Поступательное и вращательное движение остальных исполнительных органов является вспомогательным и определяет движение подачи  $D_s$ . Движение подачи необходимо для обеспечения при осуществлении главного рабочего движения врезания лезвий инструмента в материал заготовки и отделения срезаемого слоя в виде стружки на всей обрабатываемой поверхности. В большинстве случаев главное движение резания и движение подачи осуществляются во взаимно перпендикулярных плоскостях, но в отдельных случаях они могут происходить и в одной плоскости. Оба движения могут быть как непрерывными, так и прерывистыми.

Главное движение, имея наибольшую скорость, определяет направление и скорость деформаций в материале срезаемого слоя и тем самым направление схода стружки и ее форму. Поэтому скорость главного движения является скоростью резания и обозначается  $v$ . Она может сообщаться как инструменту, так и обрабатываемой заготовке. Если главное движение является вращательным, то скорость резания определяется по формуле

$$v = \pi D n / 1000 \text{ (м/мин)},$$

где  $D$  — диаметр обрабатываемой заготовки или рабочей поверхности инструмента (сверла, фрезы и т.д.), мм;  $n$  — частота вращения заготовки или инструмента, об/мин.

Если главное движение резания прямолинейное возвратно-поступательное, как, например, на строгальных, долбежных станках, то скорость резания зависит от длины хода и числа ходов в минуту и выражается формулой

$$v = \frac{L n (m + 1)}{1000} \text{ (м/мин)},$$

где  $L$  — длина хода стола (ползуна), мм;  $n$  — число двойных ходов в минуту;  $m$  — отношение скорости рабочего хода

к скорости обратного (холостого) хода:  $m = 0,75$  (указывается в паспорте на станок).

**Подачей  $S$**  называется величина перемещения инструмента (или заготовки) в направлении, перпендикулярном к направлению главного движения.

В зависимости от соотносимой единицы главного движения подача может выражаться:

1) в миллиметрах на оборот ( $S_o$ ), если устанавливается перемещение в направлении движения подачи, соответствующее одному обороту инструмента или заготовки, совершаемому во вращательном главном движении;

2) в миллиметрах на зуб  $S_z$ , если устанавливается перемещение в направлении движения подачи, соответствующее повороту инструмента на один угловой шаг его режущих зубьев. Подача на зуб определяется по формуле  $S_z = S_o/z$ , где  $z$  — число зубьев инструмента;

3) в миллиметрах на двойной ход ( $S_{2x}$ ), если перемещение соответствует одному двойному ходу заготовки или инструмента;

4) в миллиметрах в минуту ( $S_{мин}$ ) как значение перемещения инструмента или заготовки в направлении движения подачи, совершаемого в течение одной минуты.

Глубина резания  $t$ , скорость резания  $v$  и подача  $S$  относятся к элементам режима резания. Их значения рекомендуется выбирать для конкретных условий обработки из соответствующих справочных таблиц.

На рис. 18.5 показано сечение срезаемого слоя, полученного при точении. Оно определяется такими параметрами, как ширина ( $b$ ) и толщина ( $a$ ) срезаемого слоя.

**Шириной** срезаемого слоя называется расстояние между обрабатываемой и обработанной поверхностями, измеренная по поверхности резания, а **толщиной** — расстояние между двумя последовательными положениями поверхности резания.

**Площадью поперечного сечения** срезаемого слоя называется произведение глубины резания  $t$  и подачи  $S$  или ширины

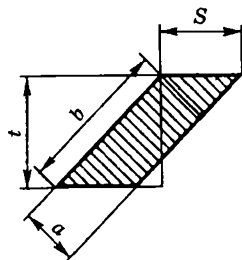


Рис. 18.5. Сечение среза

среза  $b$  и толщины  $a$ . Площадь поперечного сечения срезаемого слоя обозначается  $f$ , измеряется в квадратных миллиметрах и определяется по формуле  $f = tS = ab$ .

## Устройство и геометрия режущего инструмента

### 18.3.

Режущая часть любого режущего инструмента (резца, фрезы, сверла и т.д.), с помощью которого производится отделение стружки от обрабатываемой заготовки, имеет форму клина. У любого режущего инструмента много общего с резцом, на примере которого изучим все поверхности и геометрические элементы режущего инструмента.

Резец состоит из головки и державки. Головка имеет переднюю поверхность, задние поверхности, режущие кромки и вершину (рис. 18.6). Передней поверхностью 1 называется поверхность инструмента, по которой сходит стружка. Задние поверхности — это поверхности инструмента, обращенные к обрабатываемой заготовке (главная 6 и вспомогательная 5 задние поверхности). Режущие кромки образуются пересечением передней и задних поверхностей, их две: главная 4 и вспомогательная 2. Главная режущая кромка (лезвие) выполняет основную работу резания. Вспомогательных режущих кромок может быть несколько (например, у отрезного резца, зуба дисковой фрезы). Вершина резца 3 — место сопряжения

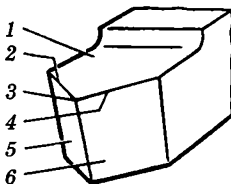


Рис. 18.6. Конструктивные элементы режущей части токарного резца:

1 — передняя поверхность; 2 — вспомогательная режущая кромка; 3 — вершина резца; 4 — главная режущая кромка; 5 — вспомогательная задняя поверхность; 6 — главная задняя поверхность

главной и вспомогательной режущих кромок. Она может быть острой, закругленной или выполненной в виде переходной режущей кромки.

Взаимное расположение различных поверхностей режущей части инструмента характеризуется величинами углов и геометрическими элементами инструмента.

Основные геометрические элементы инструмента — это главные и вспомогательные углы, угол в плане и угол наклона главной режущей кромки. Для определения значений этих углов устанавливают следующие исходные плоскости (рис. 18.7): плоскость резания — плоскость, касательная к поверхности резания и проходящая через главную режущую кромку; основная плоскость — плоскость, параллельная продольному и поперечному перемещениям инструмента. У токарного резца за основную плоскость может быть принята его нижняя (опорная) поверхность.

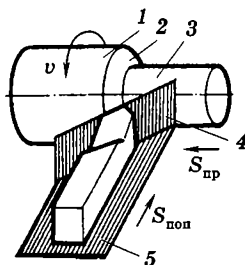


Рис. 18.7. Исходные поверхности и плоскости для определения углов токарного резца:

- 1 — обрабатываемая поверхность; 2 — поверхность резания;  
3 — обработанная поверхность; 4 — плоскость резания; 5 — основная плоскость

На рис. 18.8 дана геометрия токарного резца. Главные углы инструмента измеряют в главной секущей плоскости 6, перпендикулярной к проекции главной режущей кромки на основную плоскость. Вспомогательные углы инструмента измеряют во вспомогательной секущей плоскости 7, перпендикулярной к проекции вспомогательной режущей кромки на основную плоскость.

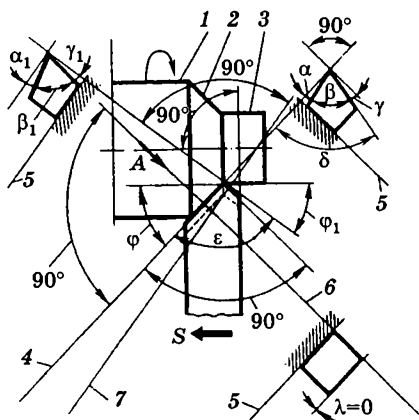


Рис. 18.8. Геометрия токарного реза:

1 — обрабатываемая поверхность; 2 — поверхность резания; 3 — обработанная поверхность; 4 — плоскость резания; 5 — плоскость, параллельная основной плоскости; 6 — главная секущая плоскость (след); 7 — вспомогательная секущая плоскость (след);  $\alpha$  — задний угол;  $\beta$  — угол заострения;  $\gamma$  — передний угол;  $\delta$  — угол резания;  $\lambda$  — угол наклона главной режущей кромки;  $\alpha_1$  — вспомогательный задний угол;  $\beta_1$  — вспомогательный угол заострения;  $\gamma_1$  — вспомогательный передний угол;  $\varphi$  — главный угол в плане;  $\varphi_1$  — вспомогательный угол в плане;  $\varepsilon$  — угол при вершине в плане

**Главным задним углом** ( $\alpha$ ) называется угол, заключенный между главной задней поверхностью инструмента и плоскостью резания. Если задняя (или передняя) поверхность криволинейная (радиусная), то рассматриваются углы между касательной к главной задней (или передней) поверхности и плоскостью резания.

**Передним углом** ( $\gamma$ ) называется угол, заключенный между передней поверхностью инструмента и плоскостью, перпендикулярной к плоскости резания.

**Угол заострения** ( $\beta$ ) — это угол, заключенный между передней и главной задней поверхностями инструмента.

**Угол резания** ( $\delta$ ) — это угол между передней поверхностью инструмента и плоскостью резания:  $\delta = \alpha + \beta$ .

Для геометрии любого режущего инструмента выполняется следующее равенство:

$$\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ \quad \text{или} \quad \delta + \gamma = 90^\circ.$$

Задний угол  $\alpha$  способствует уменьшению трения между задней поверхностью инструмента и обрабатываемой поверхностью. С уменьшением трения уменьшается нагрев инструмента. Однако сильно увеличенный задний угол ослабляет режущую часть инструмента, что сокращает срок его эксплуатации. Поэтому при выборе инструмента учитывают свойства обрабатываемого материала и условия резания.

Для обработки мягких и вязких металлов задний угол будет большим, а при обработке твердых и хрупких металлов — меньшим. Обычно он равен  $5... 10^\circ$ .

Важную роль в процессе образования стружки играет передний угол  $\gamma$ . При увеличенном переднем угле улучшается процесс резания и качество обработанной поверхности, но вместе с тем ослабевает режущая часть инструмента, понижается его прочность, что ведет к быстрому износу. Поэтому при обработке твердых и хрупких материалов применяют инструмент с меньшим передним углом, а при обработке мягких и вязких материалов — с большим передним углом.

**Вспомогательным задним углом** ( $\alpha_1$ ) называется угол, заключенный между вспомогательной задней поверхностью и плоскостью, проходящей через вспомогательную режущую кромку перпендикулярно к основной плоскости. Во вспомогательной секущей плоскости рассматриваются вспомогательные углы: **передний** ( $\gamma_1$ ) и **заострения** ( $\beta_1$ ).

**Главным углом в плане** ( $\varphi$ ) называется угол, заключенный между проекцией главной режущей кромки на основную плоскость и направлением подачи, **вспомогательным углом в плане** ( $\varphi_1$ ) — угол, заключенный между проекцией вспомогательной режущей кромки на основную плоскость и направлением подачи, **углом при вершине в плане** ( $\epsilon$ ) — угол между проекциями режущих кромок на основную плоскость.

**Угол наклона главной режущей кромки** ( $\lambda$ ) расположен между главной режущей кромкой и линией, проведенной через вершину резца параллельно основной плоскости. В зависимости от положения вершины резца относительно режущей кромки угол  $\lambda$  может быть равен нулю, иметь положительное или отрицательное значение (рис. 18.9). Угол  $\lambda$  определяет направление схода стружки: при  $\lambda > 0^\circ$  стружка отводится



в сторону обработанной поверхности, при  $\lambda < 0^\circ$  — в сторону обрабатываемой поверхности, при  $\lambda = 0^\circ$  — в направлении, перпендикулярном к главной режущей кромке.

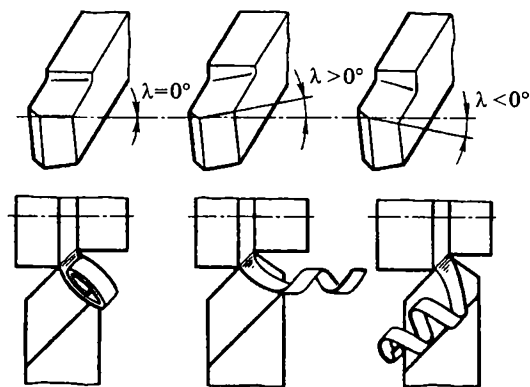


Рис. 18.9. Углы наклона главной режущей кромки и направляющие схода стружки

Геометрические элементы инструмента и форма передней поверхности (плоская, плоская с фаской, криволинейная, с лункой и др.) зависят от целого ряда факторов, и в первую очередь от физико-механических свойств обрабатываемого материала, режущей части инструмента, формы и размеров обрабатываемой заготовки.

## 18.4. Точение

**Точением** называют обработку металлов резанием токарными резцами на станках токарной группы. На станках этой группы обрабатывают заготовки, имеющие форму тел вращения (валы, диски, втулки). Заготовка совершает вращательное движение, а обрабатывающий резец перемещается вдоль или поперек заготовки, совершая подачу  $S$  ( $S_{пр}$ ,  $S_{поп}$ ). Сочетание движений заготовки и резца позволяет получать разнообразные по форме поверхности: цилиндрические, конические, фасонные, сферические (наружные и внутренние), торцовые и др.

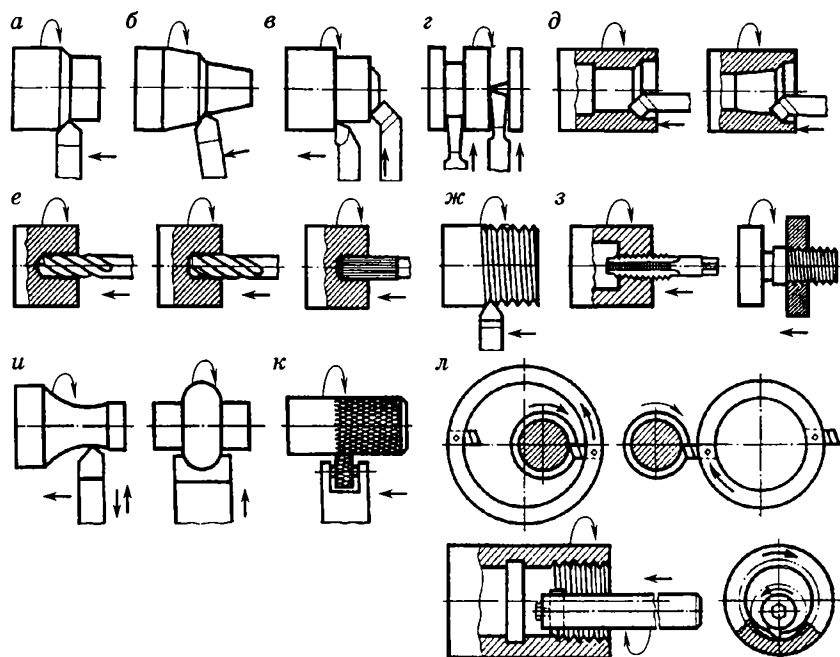
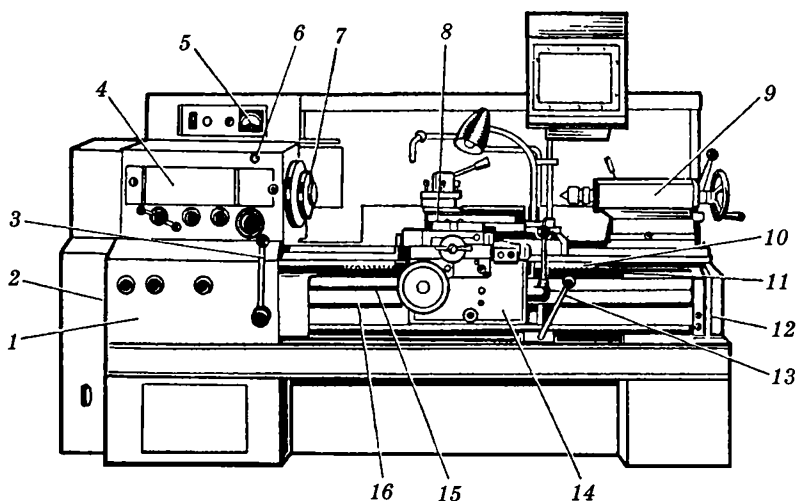


Рис. 18.10. Виды работ на токарных станках:

*а* — обтачивание наружной цилиндрической поверхности; *б* — обтачивание наружной конической поверхности; *в* — обтачивание торцов и уступов; *г* — прорезание канавки и отрезание; *д* — растачивание отверстий; *е* — сверление, зенкерование и развертывание; *ж* — нарезание резьбы резцом; *з* — нарезание резьбы метчиком и плашкой; *и* — фасонное обтачивание; *к* — накатывание рифленой поверхности; *л* — вихревое нарезание резьбы

На рис. 18.10 показаны наиболее распространенные виды работ, выполняемых на станках токарной группы.

Устройство токарных станков рассмотрим на примере токарно-винторезного станка 16К20 (рис. 18.11). Его основные сборочные единицы — станина, передняя бабка 4 с механизмами коробки скоростей, задняя бабка 9, коробка подач 1, суппорт 8 и фартук 14. На станине смонтированы все главные сборочные единицы станка, например передняя бабка 4 со шпинделем 7 и механизмами коробки скоростей, с помощью которых шпинделю придается вращение и изменяется его



*Рис. 18.11. Токарно-винторезный станок 16К20:*

1 — коробка подач; 2, 11, 12 — кожухи; 3, 13 — рукоятки; 4 — передняя бабка; 5 — указатель; 6 — диск маслоуказателя; 7 — шпиндель; 8 — суппорт; 9 — задняя бабка; 10 — рейка; 14 — фартук; 15 — ходовой вал; 16 — ходовой винт

частота. По направляющим станины перемещаются каретка суппорта и задняя бабка 9. Суппорт предназначен для крепления резцов в резцедержателе и перемещения их в продольном, поперечном и угловом направлениях. Для перемещения инструмента суппорт имеет салазки. Коробка подач и гитара сменных зубчатых колес служат для настройки станка на необходимую подачу и шаг нарезаемой резьбы соответственно.

От коробки подач движение на суппорт передается через ходовой винт 16 при нарезании резьбы или через ходовой вал 15, если необходимо осуществить движение продольной и поперечной подачи при обтачивании заготовок. Задняя бабка служит для поддержания свободного конца длинной заготовки. Она состоит из корпуса, пиноли и плиты. В коническое отверстие пиноли устанавливают центр или осевой инструмент (сверло, зенкер и т.д.).

Станок оснащен устройствами для ускоренной подачи суппорта и механизмом быстрой остановки шпинделя.

Режущим инструментом при точении являются токарные резцы. По виду обработки они делятся на проходные, подрезные, отрезные, прорезные, галтельные, резьбовые, фасонные и расточные. Расточные, в свою очередь, подразделяются на резцы для обработки сквозных отверстий, обработки в упор глухих отверстий, растачивания канавок, нарезания резьбы.

По направлению движения подачи резцы делятся на левые и правые (рис. 18.12, а, б). *Правыми* называются такие резцы, у которых при наложении на них сверху ладони правой руки главная режущая кромка оказывается расположенной на стороне большого пальца. При работе такими резцами на токарном станке они перемещаются справа налево. *Левые резцы* в процессе работы перемещаются слева направо.

По форме головки и ее расположению относительно оси тела резцы разделяются на прямые (рис. 18.12, в), отогнутые (рис. 18.12, г), изогнутые (рис. 18.12, д) и с оттянутой головкой (рис. 18.12, е).

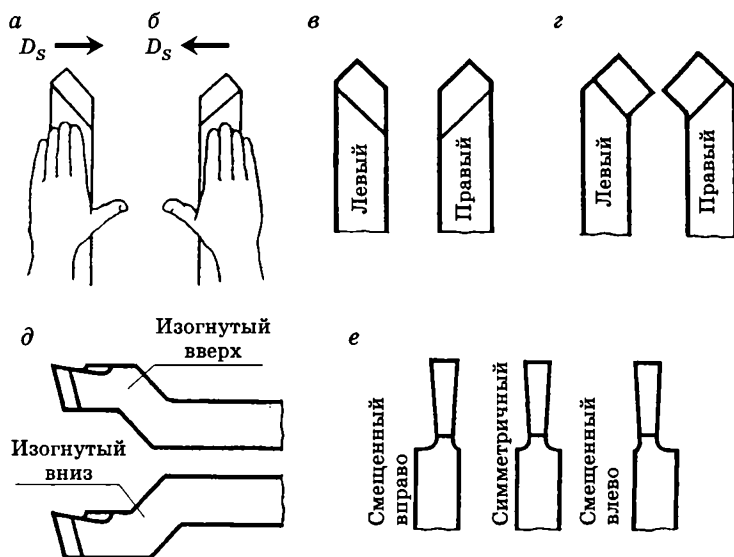


Рис. 18.12. Виды токарных резцов:

а — левый; б — правый; в — прямые; г — отогнутые;  
д — изогнутые; е — с оттянутой головкой

По конструкции резцы бывают цельные (рис. 18.13, а), с напайной режущей пластиной (рис. 18.13, б) и сборные с механическим креплением режущей пластины (рис. 18.13, в).

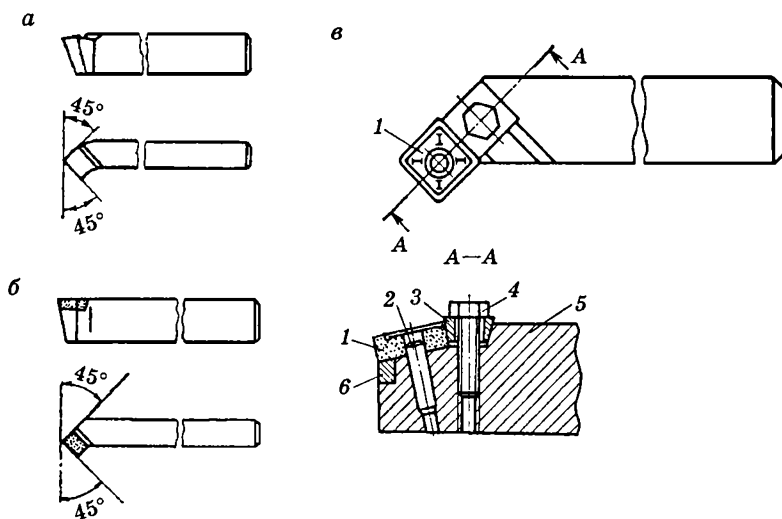


Рис. 18.13. Резцы:

а — цельные; б — с напайной пластиной; в — с механическим креплением режущей пластины из твердого сплава (1 — пластина; 2 — штифт; 3 — клинообразная планка; 4 — винт; 5 — державка; 6 — опорная пластина)

Геометрические элементы резцов зависят от обрабатываемого материала, материала режущей части резца, площади сечения среза, вида обработки, требуемой шероховатости поверхности. Рационально выбранные геометрические элементы резца и форма передней поверхности для заданных условий резания должны обеспечить наибольшую стойкость инструмента или наибольшую скорость главного движения резания. Такая геометрия является оптимальной и выбирается из соответствующих справочников по режимам резания. Материалом для цельных резцов служат углеродистые инструментальные стали, для напайных — быстрорежущие стали и твердые сплавы, для сборных — металлокерамические твердые сплавы.

При выборе и назначении рабочих режимов резания при точении необходимо учитывать характерную особенность этого вида обработки, которая заключается в том, что режущий инструмент имеет только одно главное режущее лезвие. На протяжении всего периода стойкости единственное лезвие резца режет металл, находясь в состоянии большого динамического и температурного напряжения.

Совокупность значений скорости  $v$  резания, подачи  $S_0$  и глубины  $t$  резания называется *режимом резания при точении*.

Глубину резания назначают в зависимости от припуска на обработку и вида обработки (черновая или чистовая). Точение ведут с возможно меньшим числом рабочих ходов. Как правило, при черновом точении  $t = 2 \dots 12$  мм, при чистовом  $t = 0,5 \dots 2,0$  мм.

Подачу  $S_0$  выбирают наибольшей, чтобы сократить время обработки. Величина подачи ограничивается требованием к качеству (шероховатости) поверхности и точности обработки. При черновом продольном точении заготовок диаметром  $20 \dots 100$  мм подача  $S_0 = 0,3 \dots 0,8$  мм/об. Чем меньше диаметр заготовки, тем с меньшими подачей и глубиной резания ее обрабатывают.

При точении конструкционных сталей скорость резания  $v = 120 \dots 300$  м/мин, а при точении серых чугунов  $v = 120 \dots 180$  м/мин. Меньшие значения скорости резания соответствуют большим значениям подачи  $S_0$  и глубины резания  $t$ .

При точении необходимо помнить о величине углов  $\lambda$  и  $\phi$ . Угол  $\lambda$  наклона главной режущей кромки определяет направление схода стружки (см. рис. 18.9) и влияет на прочность и стойкость резца: резцы с положительным углом  $\lambda$  имеют более высокие прочность и стойкость, поэтому их применяют для тяжелых работ; при чистовом точении используют резцы с отрицательным углом  $\lambda$ , обеспечивающие отвод стружки от обработанной поверхности. Главный угол  $\phi$  в плане (см. рис. 18.8), изменяя толщину и ширину срезаемого слоя, оказывает значительное влияние на процесс резания. С увеличением угла  $\phi$  толщина срезаемого слоя увеличивается, а ширина уменьшается. Кроме того, угол  $\phi$  влияет на силу резания: она уменьшается с увеличением этого угла.

Большое влияние оказывает угол  $\phi$  на отвод теплоты от режущей кромки: чем меньше этот угол, тем больше активная длина главной режущей кромки, больше площадь контакта стружки с передней поверхностью резца. В результате снижаются плотность теплового потока и температура у режущей кромки, что повышает стойкость резца.

Для повышения стойкости режущей части токарного резца применяют СОТС.

Подготовка к обработке деталей на токарном станке состоит из следующих этапов:

- 1) установка трехкулачкового патрона на шпиндель станка;
- 2) расположение на рабочем месте всего необходимого режущего, измерительного и вспомогательного инструмента, чертежа детали и технологической документации;
- 3) установка обрабатываемой заготовки в токарный патрон, центры и т.д.;
- 4) установка и закрепление необходимых резцов в резцедержатель;
- 5) определение межоперационных припусков и количества проходов для обработки;
- 6) выбор необходимых режимов резания для обработки и настройка станка на соответствующую частоту вращения шпинделя  $n_{\text{шп}}$  (об/мин) и подачу  $S_0$  (мм/об). Режимы резания назначаются по справочникам с учетом условий обработки;
- 7) установка резца на требуемую глубину резания  $t$ .

Далее выполняют токарную обработку заготовки согласно технической документации.

При работе на токарном станке необходимо соблюдать следующие правила:

- поддерживать порядок и чистоту на рабочем месте;
- помещать инструмент и заготовки на специально отведенные для них места;
- применять защитные очки при обработке металлов или пользоваться защитным экраном;
- перед включением электродвигателя выключить все рычаги управления;
- при смене инструмента, чистке и смазывании станка, его уборке обязательно выключать шпиндель;

- не класть заготовки и инструмент на направляющие станины заготовки;
- не оставлять ключ в токарном патроне при зажиме заготовки;
- стружку удалять щеткой или крючком.

## 18.5. Строгание

*Строганием* называется обработка металлов резанием на строгальных станках с помощью строгальных резцов. Стругание применяют для обработки плоских и несложных фасонных поверхностей с прямолинейными образующими. Некоторые приемы строгания, выполняемого на строгальных станках, показаны на рис. 18.14.

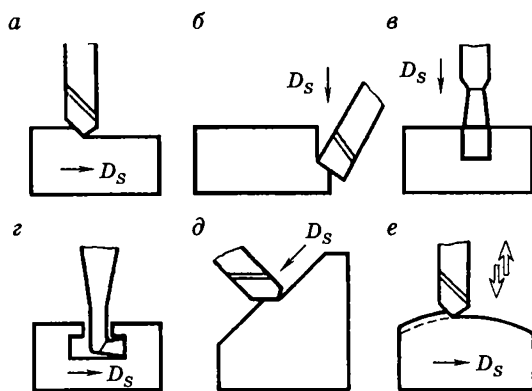


Рис. 18.14. Приемы строгания:

*а* — горизонтальной плоской поверхности; *б* — вертикальной плоской поверхности; *в* — пазов и канавок; *г* — Т-образных пазов; *д* — наклонной плоской поверхности при установке суппорта под углом  $45^\circ$ ; *е* — фасонной поверхности

Стругание выполняется на универсальных поперечно-строгальных и продольно-строгальных станках.

На *поперечно-строгальных станках*, предназначенных для обработки заготовок длиной до 1 м, движение резания сооб-



щается резцу. Резание производят при прямолинейном поступательном движении резца, закрепленного в ползуне станка, а возвратное движение является холостым ходом. Обрабатываемую заготовку закрепляют на столе станка и сообщают движение подачи (в конце холостого хода) в направлении, перпендикулярном к направлению движения резания.

На *продольно-строгальных станках*, предназначенных для обработки длинных заготовок (длиной до нескольких метров), движение резания сообщают столу станка с закрепленной на нем заготовкой, а движение подачи — резцу, установленному на траверсе станка.

На рис. 18.15 показан общий вид одного из наиболее распространенных поперечно-строгальных станков модели 736. Основной узел станка — станина 9, по горизонтальным направляющим 8 которой перемещается ползун 7 с суппортом 5. По вертикальным направляющим 3 станины передвигается поперечина 10, а по направляющим поперечины — стол 2, который для большей устойчивости поддерживается стойкой 1. Неподвижный упор 6, установленный на станине, осуществ-

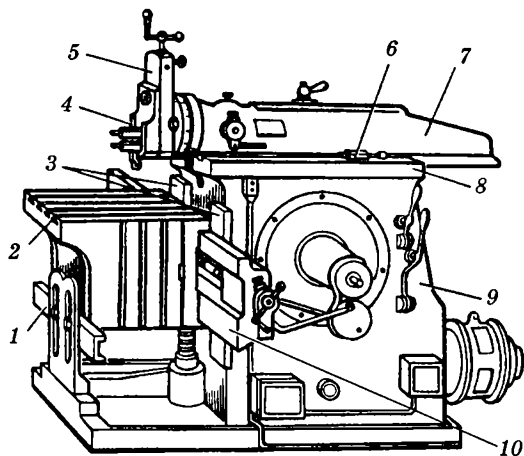


Рис. 18.15. Поперечно-строгальный станок модели 736:

- 1 — стойка; 2 — стол; 3 — вертикальные направляющие станины; 4 — строгальный резец; 5 — суппорт; 6 — неподвижный упор; 7 — ползун; 8 — горизонтальные направляющие станины; 9 — станина; 10 — поперечина

ляет с помощью храпового механизма автоматическую подачу резца. Обрабатываемую заготовку или приспособление для ее крепления устанавливают на столе, для чего на горизонтальной и вертикальной опорных поверхностях стола предусмотрены Т-образные пазы.

Резец 4 закреплен в резцедержателе, установленном на суппорте 5. Главное рабочее движение (прямолинейное возвратно-поступательное) сообщают ползуну с резцом, а движение подачи при обработке горизонтальных поверхностей — обрабатываемой заготовке, которая вместе со столом 2 перемещается по направляющим поперечины. При строгании вертикальных и наклонных поверхностей и канавок вертикальную подачу производят перемещением суппорта с резцедержателем по вертикальным направляющим. Главное движение станка осуществляет ползун, который получает движение от кулисы, качающейся в результате вращения зубчатого колеса. Длина хода ползуна регулируется перемещением пальца кулисы относительно центра корпуса кулисного механизма.

Движение резца в направлении заготовки, при котором происходит обработка детали, является рабочим ходом, а движение резца в обратном направлении, при котором обработка детали не производится, — холостым ходом.

Движение, состоящее из рабочего и холостого хода, называют *двойным ходом*. При строгании горизонтальной плоскости на поперечно-строгальном станке резец устанавливают на глубину резания  $t$  (рис. 18.16, а) и сообщают ему горизон-

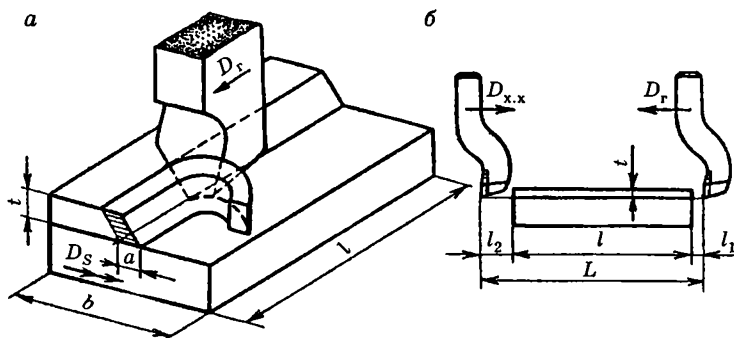


Рис. 18.16. Движение резца и заготовки при строгании

тальное движение, во время которого он срезает слой металла шириной  $a$ .

В конце прямого рабочего хода резец останавливается в крайнем левом положении (рис. 18.16, б) и получает движение  $D_{x.x}$  холостого хода со скоростью  $v_{x.x}$ . Обычно скорость холостого хода больше скорости рабочего хода. В конце холостого хода резец возвращается в исходное положение и останавливается, а заготовка перемещается в направлении  $D_s$  (рис. 18.16, а) на величину подачи  $S$ , которая выражается в миллиметрах на двойной (т.е. рабочий и холостой) ход резца (мм/дв.ход).

Перемещение резца в направлении главного движения резания  $D_r$  из начального положения в конечное (рис. 18.16, б) называется *длиной рабочего хода* и обозначается  $L$ :

$$L = l + l_1 + l_2,$$

где  $l$  — длина строгания;  $l_1, l_2$  — перебеги резца (обычно для поперечно-строгальных станков  $l_1 + l_2 = 20 \dots 40$  мм).

Скорость рабочего хода

$$v = Ln(k + 1)/(1000k) \text{ (м/мин)},$$

скорость холостого хода

$$v_{x.x} = Ln(k + 1)/1000 \text{ (м/мин)},$$

где  $n$  — число двойных ходов резца в минуту;  $k = v_{x.x.}/v = 1,5 \dots 2,5$ .

Строгание выполняется с помощью строгальных резцов, которые работают в тяжелых условиях (в процессе резания на них действует ударная нагрузка). Под действием сил резания резец стремится отойти назад. При неоднородном металле сила резания увеличивается, что отрицательно влияет на резец.

По конструкции, геометрическим параметрам, форме и размерам *строгальные резцы* мало чем отличаются от токарных. Название резца соответствует в основном виду выполняемой им работы (рис. 18.17, а–к). Например, проходной резец применяют для обработки горизонтальных и наклонных плоскостей, подрезной резец — для подрезания торца заготовки.

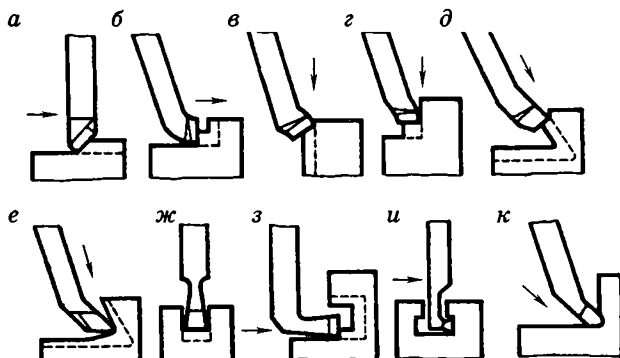


Рис. 18.17. Основные типы строгальных резцов:

*a* — проходной с главным углом в плане  $\phi < 90^\circ$ ; *б* — проходной с углом  $\phi = 90^\circ$ ; *в* — подрезной с углом  $\phi = 60^\circ$ ; *г* — подрезной с углом  $\phi = 90^\circ$ ; *д, е* — подрезные для наклонных плоскостей; *ж* — прорезной канавочный; *з, и* — отогнутые прорезные; *к* — отогнутый прорезной для канавок в углах сопрягаемых плоскостей

Для предохранения вершины резца от ударов и уменьшения его разрушающего действия, а также для более плавного входа резца в заготовку угол наклона главной режущей кромки  $\lambda$  у проходных и подрезных строгальных резцов делают обязательно положительным (до  $20^\circ$ ).

Для повышения прочности стержни резцов делают увеличенного поперечного сечения (в 1,25–1,5 раза).

Строгальные резцы бывают прямые и изогнутые. *Прямой строгальный резец* (рис. 18.18, *a*), изгибаясь под действием силы резания вокруг точки *O*, врезается в обрабатываемую

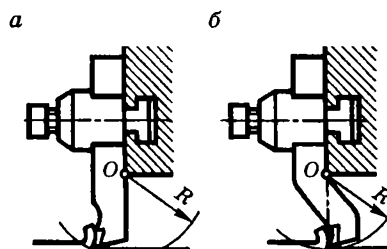


Рис. 18.18. Работа строгальным резцом:

*a* — прямым; *б* — изогнутым

заготовку глубже, что обуславливает дополнительную нагрузку на резец, возможность его поломки и увеличение шероховатости обработанной поверхности. Поэтому строгальные резцы выполняют обычно изогнутыми (рис. 18.18, б) так, чтобы режущая кромка находилась в плоскости опоры. Для обработки заготовки из стали и цветных металлов резцы оснащают пластинами из быстрорежущей стали, а для обработки чугунов — пластинами из твердого сплава ВК8.

Для окончательной (чистовой) обработки применяют резцы с углом  $\varphi_1 = 0$ , большим радиусом закругления при вершине или дополнительной режущей кромкой большей длины (до 40 мм). Это так называемые широкие чистовые лопаточные резцы. Стругание чугуна широкими резцами заменяет такие операции, как шабрение и шлифование, поскольку обеспечивает высокую точность и малую шероховатость обработанной поверхности.

**Приспособления** для закрепления заготовок на станке разделяют на *универсальные* и *специальные*. Универсальные крепежные приспособления (рис. 18.19) — это болты, прихваты, прижимы, опоры, винтовые распорки, клиновые прокладки, установочные призмы и угольники, машинные тиски, поворотные столы, пригоны для закрепления заготовок различных форм и размеров. Закрепление заготовок в приспособлениях и на столе должно быть прочным и жестким. Варианты закрепления заготовок показаны на рис. 18.20.

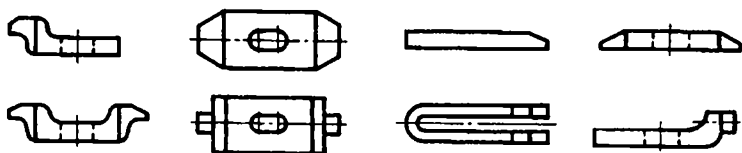


Рис. 18.19. Универсальные крепежные приспособления

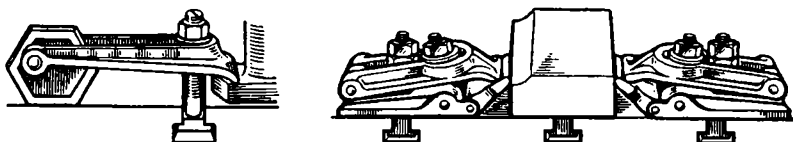


Рис. 18.20. Варианты закрепления заготовки

Режимы резания при строгании выбирают из справочных таблиц с учетом вида работ, материала обрабатываемой заготовки и материала строгального резца. Так, например, для черновой обработки горизонтальных плоскостей заготовок из конструкционной стали строгание ведется при глубине резания  $t = 2 \dots 8$  мм, подаче  $S = 0,60 \dots 1,33$  мм/дв.ход, скорости  $v = 12 \dots 18$  м/мин. При чистовом строгании  $t = 1$  мм,  $S = 0,3$  мм/дв.ход,  $v = 30 \dots 40$  м/мин.

Заготовки из серого чугуна обрабатывают резцами, оснащенными пластинами из твердого сплава, при следующих режимах:

- $t = 5 \dots 8$  мм,  $S = 1 \dots 2$  мм/дв.ход,  $v = 30 \dots 40$  м/мин — черновое строгание горизонтальных плоскостей проходными резцами;
- $t = 0,5$  мм,  $S = 3$  мм/дв.ход,  $v = 20 \dots 25$  м/мин — чистовое строгание широкими резцами.

Перед строганием на поперечно-строгальном станке необходимо выполнить ряд подготовительных работ:

- 1) установить поворотную часть суппорта в нулевое положение;
- 2) поворотом рукоятки переместить суппорт вверх на столько, чтобы вылет резца был минимальным, что обеспечивает наибольшую жесткость резца;
- 3) установить резец в резцедержателе суппорта;
- 4) закрепить обрабатываемую заготовку в приспособлении;
- 5) отрегулировать длину хода ползуна относительно обрабатываемой заготовки. Длину хода ползуна регулируют перемещением пальца кулисы относительно центра кулисного механизма;
- 6) выбрать по справочнику режим обработки: скорость резания  $v$ , глубину резания  $t$ , подачу  $S$ . При чистовом строгании применять наименьшую подачу, чтобы получить лучшую шероховатость поверхности;
- 7) установить резец на нужную глубину резания с помощью лимба винта суппорта. Цену деления лимба находят делением шага винта на число делений лимба.

Прямолинейность обработанной поверхности проверяют лекальной линейкой, а размеры — штангенциркулем.

При работе на строгальном станке следует строго соблюдать правила безопасности:

- должна быть исключена возможность захвата одежды движущимися частями станка, заготовкой или резцом;
- зажимные приспособления должны обеспечивать надежное закрепление заготовки;
- работать надо в очках для защиты глаз от попадания стружки;
- удалять стружку следует только щеткой, крючком или совком;
- нельзя измерять деталь на работающем станке;
- запрещено оставлять работающий станок без наблюдения;
- рабочее место и проходы должны быть чистыми, не загроможденными материалами, приспособлениями, готовыми изделиями.

## 18.6. Фрезерование

**Фрезерованием** называется обработка металлов резанием на фрезерных станках с помощью фрезы. На рис. 18.21 приведены примеры работ, выполняемых на фрезерных станках.

Движения фрезы и заготовки и параметры слоя, срезаемого при фрезеровании, показаны на рис. 18.22. Главное вращательное движение  $D_r$  резания получает фреза, а движение подачи  $D_s$  — заготовка. Процесс фрезерования происходит в результате сочетания вращения фрезы с подачей на нее заготовки. Каждый из зубьев фрезы последовательно срезает с заготовки отдельные стружки, в результате чего снимается весь оставленный для обработки слой металла — припуск. Заготовка приобретает заданные форму и размеры.

Различают два способа фрезерования: встречное и попутное. При *встречном фрезеровании* направление движения подачи противоположно направлению вращения фрезы (рис. 18.23, а). При *попутном фрезеровании* направления движения подачи и вращения фрезы совпадают (рис. 18.23, б). При встречном

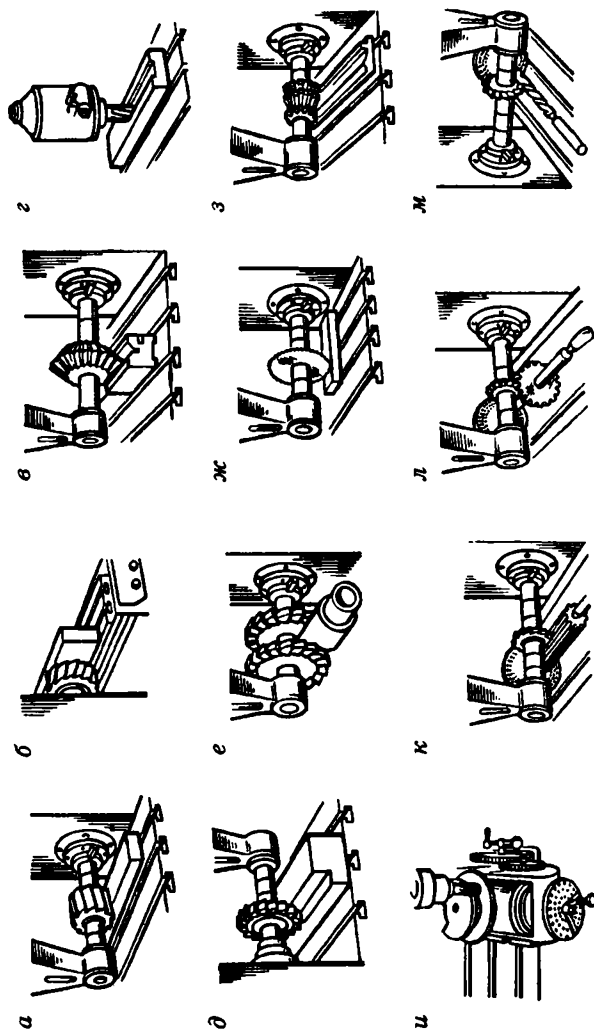


Рис. 18.21. Работы, выполняемые на фрезерных станках:

*а* — фрезерование плоских поверхностей цилиндрической фрезой; *б* — фрезерование плоских поверхностей торцевой фрезой; *в* — фрезерование наклонных поверхностей (призм) угловой фрезой; *г* — фрезерование паза концевой фрезой; *д* — фрезерование уступа дисковой трехсторонней фрезой; *е* — фрезерование набором двух дисковых трехсторонних фрез; *ж* — разрезание отрезной фрезой (пилой); *з* — фрезерование фасонной фрезой; *и* — фрезерование криволинейного контура концевой фрезой с применением делительной головки; *к* — фрезерование плитевых канавок на валике; *л* — фрезерование зубчатого колеса; *м* — фрезерование винтовых канавок



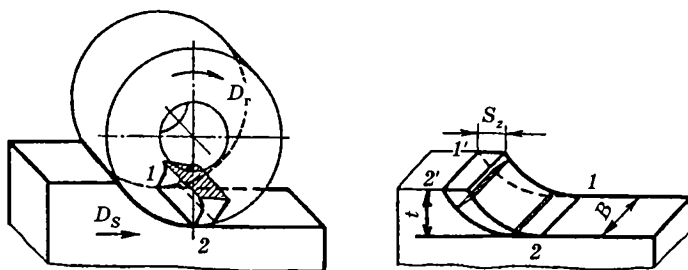


Рис. 18.22. Движение фрезы и заготовки, параметры срезаемого слоя

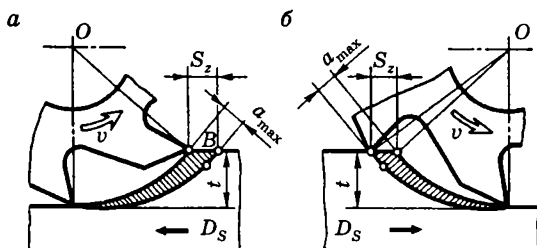


Рис. 18.23. Способы фрезерования  
( $a_{max}$  — максимальная толщина срезаемого слоя):  
а — встречное; б — попутное

фрезеровании нагрузка на зуб фрезы возрастает от нуля до максимума, причем зубья фрезы работают снизу вверх, стремясь оторвать заготовку от стола станка, что при больших сечениях среза приводит к вибрациям и ухудшению шероховатости обработанной поверхности. При попутном фрезеровании заготовка прижимается к столу, каждый зуб фрезы начинает срезать слой максимальной толщины. При наличии у заготовки окалины зуб ударяется об нее, что приводит к быстрому разрушению режущей кромки. Попутное фрезерование уменьшает шероховатость обработанной поверхности и вибрацию, обеспечивает более высокую точность обработки.

Рассмотрим основные элементы процесса резания и срезаемого слоя.

1. **Ширина фрезерования  $B$**  (см. рис. 18.22), измеряемая в направлении от фрезы. Она задается на чертеже (эскизе) заготовки.

**2. Глубина резания  $t$**  (глубина фрезерования) — толщина срезаемого слоя, измеряемая в плоскости, перпендикулярной к оси фрезы. При повышенных требованиях к точности обработки и шероховатости поверхности обработку ведут в два прохода: один черновой, другой чистовой. При снятии больших припусков возможна обработка за два черновых прохода.

**3. Подача** — перемещение обрабатываемой заготовки относительно фрезы. Подачу при фрезеровании определяют двумя взаимосвязанными величинами: подачей на один зуб фрезы  $S_z$  (мм/зуб) и подачей на один оборот фрезы  $S_o = S_z z$  (мм/об), где  $z$  — число зубьев фрезы. При черновом фрезеровании величина подачи зависит от обрабатываемого материала, материала режущей части фрезы, мощности станка, углов заточки фрезы, а при чистовом — от шероховатости обработанной поверхности.

**4. Скорость резания  $v$**  — скорость вращения фрезы, определяемая по формуле

$$v = \pi D n / 1000 \text{ (м/мин)},$$

где  $D$  — диаметр фрезы, мм;  $n$  — частота вращения фрезы, об/мин.

Скорость резания  $v$  при фрезеровании выбирается по общемашиностроительным нормативам режимов резания в зависимости от вида обработки, требуемого периода стойкости фрезы до затупления, материалов обрабатываемой заготовки и инструмента, выбранной подачи и ряда других факторов. По найденной скорости резания  $v$  подсчитывают частоту вращения фрезы (шпинделя станка):

$$n = \frac{1000 v}{\pi D} \text{ (об/мин)}.$$

Найденную частоту вращения фрезы корректируют по паспортным данным станка ( $n_{\text{пасп}}$ ) и затем подсчитывают действительную скорость резания:

$$v = \pi D n_{\text{пасп}} / 1000 \text{ (м/мин)}.$$

Движение подачи за одну минуту (минутную подачу  $S_{\text{мин}}$ ) определяют по формуле

$$S_{\text{мин}} = S_z z n_{\text{пасп}},$$

где  $S_z$  — подача на один зуб фрезы;  $z$  — число зубьев фрезы.

Далее найденную величину подачи корректируют по паспортным данным станка ( $S_{\text{мин.пасп}}$ ) и подсчитывают действительную подачу на зуб:

$$S_{\text{зд}} = \frac{S_{\text{мин.пасп}}}{zn_{\text{пасп}}}.$$

При корректировке подачи необходимо выбирать ближайшие меньшие значения частоты вращения шпинделя для станка и минутной подачи, чтобы фактические режимы резания не превышали выбранных по нормативам во избежание преждевременного износа фрезы.

Режущим инструментом при фрезеровании является *фреза* — многозубый режущий инструмент. Режущие зубья фрезы могут быть расположены как на цилиндрической поверхности, так и на торце, причем каждый зуб представляет собой простейший резец (рис. 18.24, а).

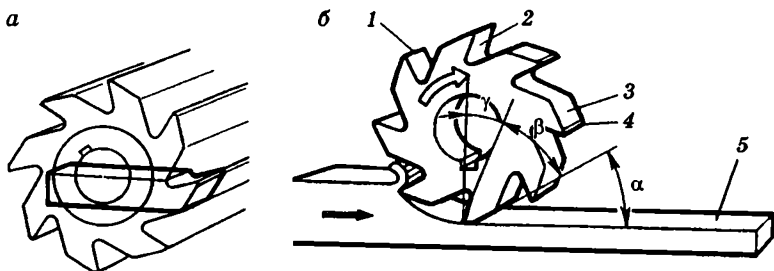
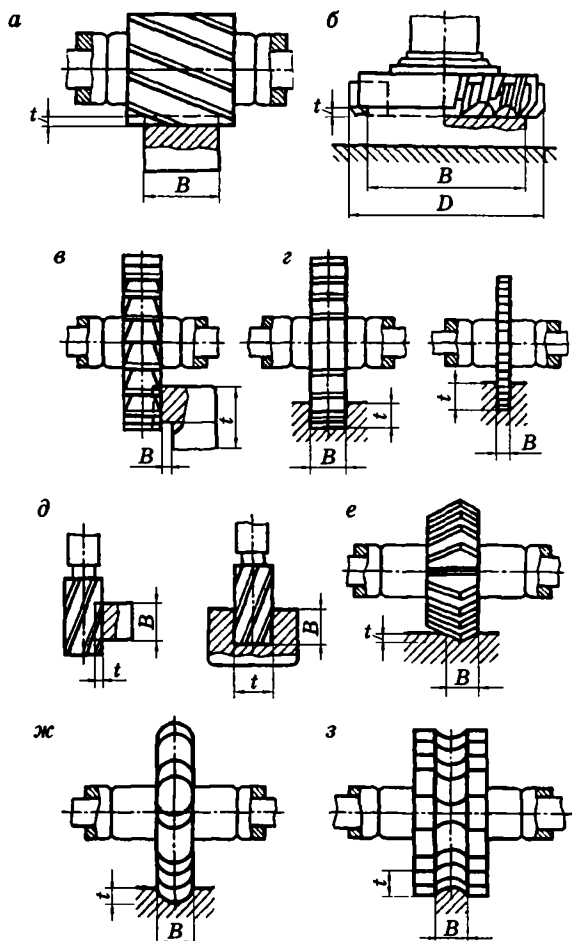


Рис. 18.24. Геометрические элементы режущей части фрезы:  
1 — режущая кромка; 2 — передняя поверхность; 3 — задняя поверхность; 4 — ленточка; 5 — обработанная поверхность;  $\alpha$  — задний угол;  $\beta$  — угол заточки;  $\gamma$  — передний угол

Элементы зуба фрезы, геометрические элементы и основные поверхности, образуемые на обрабатываемой заготовке (рис. 18.24, б), мало чем отличаются от соответствующих элементов при работе обычным резцом при точении.

На рис. 18.25 показаны наиболее часто встречающиеся типы фрез и элементы срезаемого слоя металла.

По направлению зубьев различают фрезы *прямозубые* и *с винтовыми* (левыми или правыми) *зубьями*.



**Рис. 18.25.** Типы фрез и элементы срезаемого слоя металла:  
 а — цилиндрическая; б — торцовая; в — дисковая трехсторонняя;  
 г — дисковые; д — концевые; е — угловая; ж — фасонная с выпуклым профилем; з — фасонная с вогнутым профилем;  $t$  — глубина резания;  $B$  — ширина фрезерования;  $D$  — диаметр фрезы

По конструкции зубьев фрезы бывают с *острозаточенными* и *затылованными* зубьями. В основном применяют фрезы с острозаточенными зубьями, так как они обладают большей стойкостью, обеспечивают меньшую шероховатость обрабатываемой поверхности и проще в изготовлении.

Фрезы с острозаточенными зубьями обычно затачивают по задним поверхностям (рис. 18.26, *а*). По передней поверхности зуба заточку производят редко, но обязательно при первой заточке в процессе изготовления фрезы и при большом ее износе. Затылованные фрезы перетачиваются только по передней поверхности зуба, а задний профиль, выполненный по определенной кривой — спирали Архимеда, сохраняется постоянным (рис. 18.26, *б*).

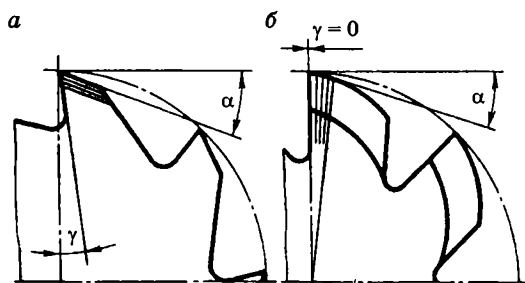


Рис. 18.26. Схема заточки зубьев фрезы:  
*а* — острозаточенный зуб; *б* — затылованный зуб

Фрезы делают *цельными* и *сборными* (со вставными ножами из быстрорежущей стали или с пластинами из твердых сплавов). Сборные фрезы (рис. 18.27) более экономичны, так как их корпуса изготавливают из дешевой конструкционной стали и служат продолжительное время, а ножи после многократной переточки или поломки заменяют новыми комплектами.

Геометрические элементы и углы заточки фрез (см. рис. 18.24, *б*) определяют по аналогии с углами резцов в зависимости от обрабатываемого материала, материала зубьев фрезы, условий обработки из соответствующих справочников по режимам резания, конструированию режущего инструмента.

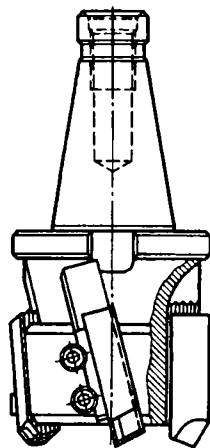


Рис. 18.27. Сборная торцовая фреза со вставными ножами

Фрезерование выполняется на *фрезерных станках*. Они получили свое название от многолезвийного инструмента — фрезы. Из многих типов фрезерных станков наиболее широко применяются *консольно-фрезерные*, из которых большее распространение получили горизонтальные и вертикальные. Консольно-фрезерные станки (рис. 18.28) получили свое название благодаря тому, что стол 12 станка установлен на консоли 15, перемещающейся вверх и вниз по направляющим станины 2. У *горизонтальных консольно-фрезерных станков* шпиндель 8, вращающий оправку с фрезой, расположен горизонтально, а для поддержания оправки имеется так называемый хобот 9 с подвесками (серьгами) 10. Основными размерами фрезерных станков общего назначения являются размеры

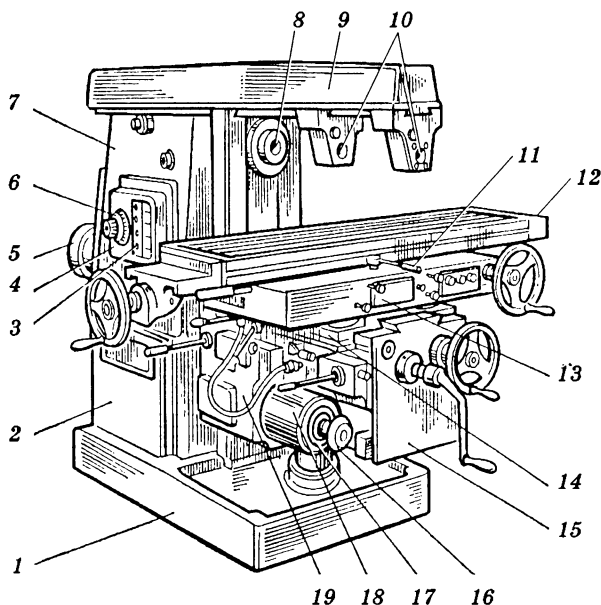


Рис. 18.28. Горизонтальный консольно-фрезерный станок 6P18Г6: 1 — плита; 2 — станина; 3 — кнопочная станция; 4 — коробка переключения скоростей; 5 — электродвигатель; 6, 17 — лимбы; 7 — участок станины; 8 — шпиндель; 9 — хобот; 10 — подвески (серьги); 11 — рукоятка; 12 — стол; 13 — поворотная часть; 14 — каретка; 15 — консоль; 16 — маховичок; 18 — коробка переключения подач; 19 — коробка подач

рабочей поверхности стола. Широко применяют консольно-фрезерные станки, у которых стол может поворачиваться вместе с поворотной частью 13 относительно вертикальной оси.

Основанием станины является фундаментная плита. Главное движение — вращение шпинделя 8 — осуществляется электродвигателем 5 через коробку скоростей, расположенную в корпусе станины на участке 7. Частота вращения шпинделя управляется коробкой переключения скоростей 4 по лимбу 6, на котором указаны числа оборотов, и кнопочной станцией 3. Движение подачи производится коробкой подач 19 с коробкой переключения 18, имеющей лимб 17, где указаны величины подачи. Переключают подачу вручную маховичком 16. Коробка подач позволяет осуществлять механическое перемещение стола в трех направлениях: продольном, поперечном и вертикальном. Рукояткой 11 пользуются для включения продольной подачи стола.

На рис. 18.29, а показана компоновка основных узлов горизонтально-фрезерного станка.

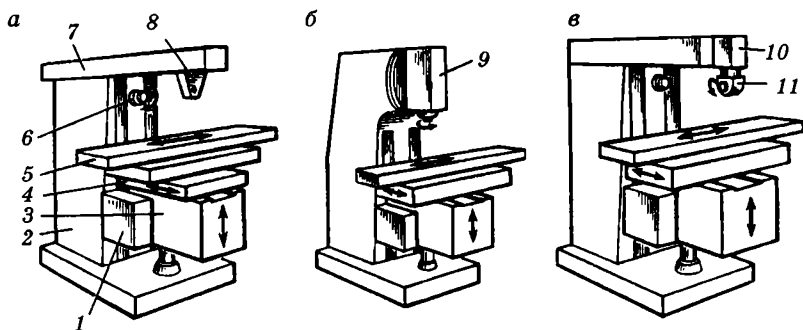


Рис. 18.29. Консольно-фрезерные станки:

а — горизонтальный; б — вертикальный; в — широкоуниверсальный; 1 — коробка подач; 2 — станина; 3 — консоль; 4 — салазки; 5 — стол; 6 — шпиндель; 7 — хобот; 8 — подвески (серьги); 9 — поворотная головка; 10 — фрезерная головка; 11 — накладная фрезерная головка

*Вертикальный консольно-фрезерный станок* (рис. 18.29, б) в отличие от горизонтального имеет вертикально расположенный шпиндель с поворотной головкой 9, которая может

поворачиваться в вертикальной плоскости на угол  $0...45^\circ$  в обе стороны. Основной отличительной особенностью этих станков является отсутствие хобота. Назначение углов и органов управления такое же, как и у горизонтально-фрезерных станков.

*Широкоуниверсальный консольно-фрезерный станок* (рис. 18.29, в) в отличие от горизонтально-фрезерного имеет еще одну фрезерную головку, смонтированную на выдвижном хоботе, которую можно поворачивать под любым углом в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. На поворотной шпиндельной головке монтируют накладную фрезерную головку 11, которая позволяет обрабатывать заготовки сложной формы не только фрезерованием, но и сверлением, зенкованием, развертыванием и растачиванием.

Наряду с консольными станками для обработки крупногабаритных заготовок используют *бесконсольно-фрезерные станки*. На рис. 18.30 показана конструкция продольно-фрезерного бесконсольного станка модели 6610. Он имеет станину 1, стол 2, четыре фрезерные головки 3, 6, 9, 11, две стойки 4

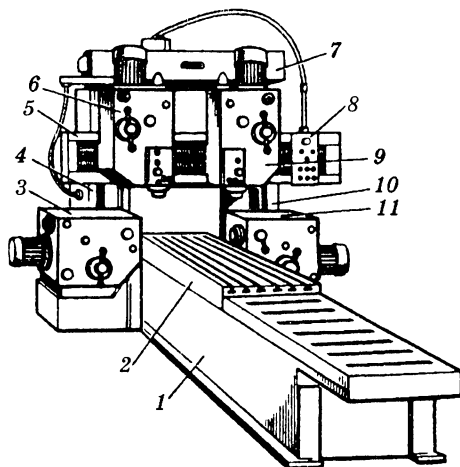


Рис. 18.30. Продольный бесконсольно-фрезерный станок модели 6610:

1 — станина; 2 — стол; 3, 6, 9, 11 — фрезерные головки; 4, 10 — стойки; 5 — траверса; 7 — балка; 8 — подвесная кнопочная станция



и 10, траверсу 5, бабку 7 и подвесную кнопочную станцию 8 для управления станком.

Заготовка, устанавливаемая на фрезерном станке, должна занимать определенное положение по отношению к фрезе. Для закрепления заготовок применяют различные приспособления.

В простейшем случае заготовку закрепляют непосредственно на столе станка *прихватами* (рис. 18.31). Одним концом прихват 3 опирается на заготовку 5, а другим — на подкладку 1. Завертывая ключом гайку 2, один конец прихвата прижимают к подкладке, другой — к заготовке.

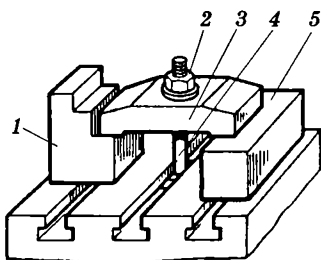


Рис. 18.31. Крепление заготовки прихватами на столе станка:  
1 — подкладка; 2 — гайка; 3 — прихват; 4 — крепежный болт;  
5 — заготовка

При фрезеровании заготовки, две обрабатываемые стороны которой должны быть расположены под определенным углом, пользуются угловыми плитами (*угольниками*), которые могут быть *жесткими* (рис. 18.32, а), *поворотными* (рис. 18.32, б) и *универсальными* (рис. 18.32, в).

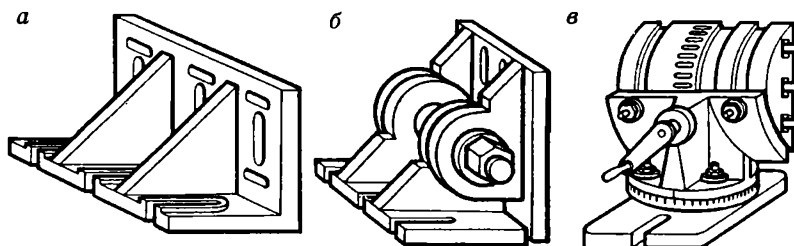


Рис. 18.32. Угольники:  
а — жесткий; б — поворотный; в — универсальный

Заготовку закрепляют на угольнике посредством прихватов или струбцин (рис. 18.33).

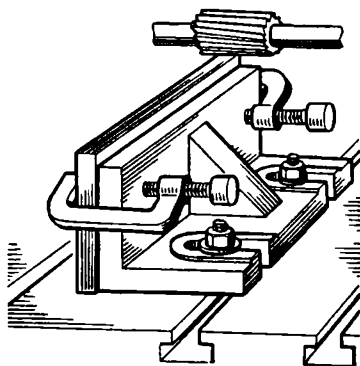


Рис. 18.33. Закрепление заготовки на угольнике

Цилиндрические заготовки для фрезерования в них шпоночных канавок, пазов и лысок удобно закреплять в *призмах*, которые вместе с обрабатываемой заготовкой крепят к столу станка прихватами (рис. 18.34).

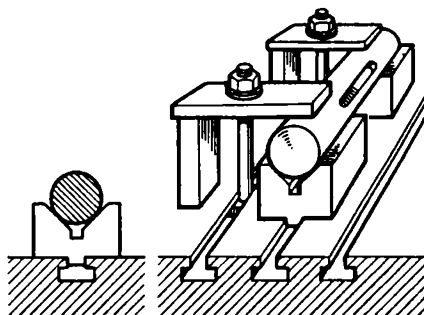


Рис. 18.34. Закрепление цилиндрической заготовки в призме

Для закрепления заготовок на фрезерных станках широкое распространение получили различные по конструкции и размерам *машинные тиски*. Они могут быть *неповоротными* (рис. 18.35, а), *поворотными* (рис. 18.35, б), корпус которых можно поворачивать вокруг вертикальной оси, *универсальными* (рис. 18.35, в), позволяющими осуществлять поворот

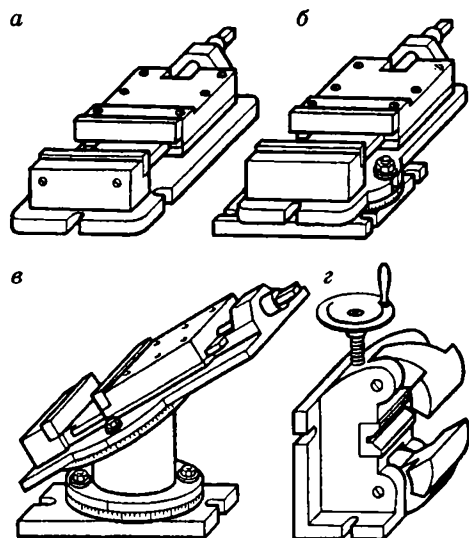


Рис. 18.35. Машинные тиски:

*a* — неповоротные; *б* — поворотные; *в* — универсальные;  
*г* — специальные

заготовки вокруг двух осей, и *специальными* (рис. 18.35, *г*) для закрепления в призме валов.

Подготовка к обработке деталей на фрезерном станке состоит из следующих этапов:

- 1) установка и закрепление фрезы;
- 2) установка и закрепление зажимного приспособления на столе станка;
- 3) закрепление заготовки в приспособлении;
- 4) выбор режимов резания;
- 5) настройка станка на выбранные режимы резания;
- 6) установка стола на требуемую глубину резания.

После окончания настройки и наладки станка плавным вращением маховика продольной подачи стола обрабатываемую заготовку подводят к фрезе и, не доводя 5 мм до края фрезы, включают станок, механическую подачу, охлаждение и приступают к фрезерованию.

По окончании фрезерования надо выключить станок, щеткой удалить стружку, а стол немного опустить, отвести его

в исходное положение и измерить штангенциркулем размеры обработанной заготовки. Прямолинейность обработанной поверхности заготовки контролируют лекальной линейкой, параллельность плоскостей — штангенциркулем или микрометром, а перпендикулярность — угольником.

При работе на фрезерном станке необходимо соблюдать следующие правила:

- поддерживать порядок и чистоту на рабочем месте;
- применять защитные ограждения (экраны); если они отсутствуют, необходимо работать в защитных очках;
- перед включением электродвигателя поставить в нейтральное положение все рычаги управления;
- при смене инструмента, установке и снятии приспособлений, уборке обязательно выключать электродвигатель станка;
- надежно закреплять обрабатываемую заготовку на столе станка или в приспособлении;
- подавать заготовку к фрезе тогда, когда фреза получит рабочее вращение;
- при фрезеровании не вводить руку в опасную зону вращения фрезы;
- пользоваться только исправной и заточенной фрезой;
- извлекать фрезу из шпинделя (оправки) специальной выколоткой, не поддерживать ее незащищенной (без рукавицы) рукой;
- фрезерную оправку или фрезу закреплять в шпинделе ключом только после выключения коробки скоростей во избежание проворачивания шпинделя;
- во время работы станка не открывать и не снимать ограждения и предохранительные устройства;
- эксплуатировать только исправный станок;
- по окончании работы на станке убрать стружку щеткой, протереть рабочие части и трущиеся поверхности обтирочным материалом и смазать, переместить продольный стол, салазки и консоль в среднее положение.

## 18.7. Шлифование

**Шлифование** — это обработка металлов резанием на шлифовальных станках с помощью шлифовального круга. **Шлифовальный круг** — инструмент особого вида. В отличие от ранее рассмотренных инструментов, лезвия которых имеют определенные чертежом форму и размеры, шлифовальные круги режут абразивными зёрнами из минералов и сверхтвёрдых материалов, имеющими случайные форму и взаимное расположение. В резании обычно участвует одновременно большое число абразивных зёрен, лезвия которых образуют режущую поверхность.

Процесс шлифования состоит в том, что вращающийся шлифовальный круг, соприкасаясь с металлом острыми гранями абразивных зёрен, снимает с поверхности заготовки слой металла.

Шлифовальный круг представляет собой пористое тело, состоящее из большого количества абразивных зёрен, соединённых между собой особым веществом, называемым **связкой**. Между зёрнами и связкой расположены поры.

Шлифовальные круги различают по признакам, которые в строго определённой последовательности маркируются на его боковой поверхности (рис. 18.36): вид абразивного материала, зернистость и ее индекс, твердость, структура круга (пористость), вид связки и класс качества. Маркировка данного круга расшифровывается следующим образом: абразивный материал — электрокорунд белый (24А), зернистость — 40, индекс зернистости повышенный — П, твердость круга — среднемягкая вторая (СМ2), структура круга — 5 (средняя), связка круга керамическая пятая (К5), класс круга — А, максимально допустимая окружная скорость — 35 м/с, ЮАЗ — завод-изготовитель.

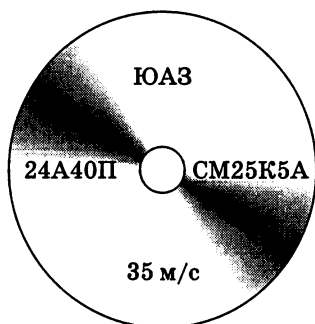


Рис. 18.36. Маркировка шлифовального круга

В технологической документации указывают размеры круга  $D \times B \times d$  (наружный диаметр, ширина, внутренний диаметр) и его форму. Форму и размеры шлифовальных кругов выбирают в зависимости от условий шлифования, размеров и формы обрабатываемых заготовок, конструкции, модели и мощности станка.

Установка шлифовального круга на шпинделе станка показана на рис. 18.37. Перед монтажом поверхности шлифовального круга и фланцев в местах их соприкосновения должны быть очищены. Между кругом и фланцем кладут прокладку из мягкого картона, резины или кожи толщиной 0,6...0,8 мм. Крепление круга должно быть надежным.

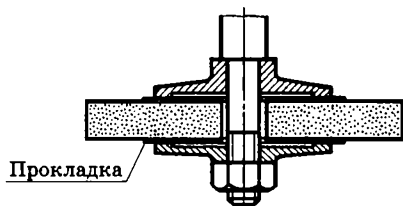


Рис. 18.37. Установка шлифовального круга на шпинделе станка

В процессе шлифования шлифовальный круг изнашивается, теряет первоначальную форму, а также засаливается обрабатываемым металлом и затупляется. Восстанавливают геометрию и режущую способность круга специальной операцией — правкой круга с применением алмазного и безалмазного инструмента. К *алмазному инструменту* относят карандаши (рис. 18.38, а, б), алмаз в оправке (рис. 18.39), алмазные ролики. К *безалмазному* — шарошки, стальные и твердосплавные диски, шлифовальные круги высокой твердости.

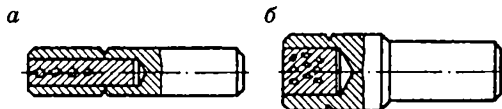


Рис. 18.38. Алмазные карандаши с расположением алмазов: а — цепочкой; б — слоями

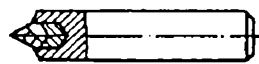


Рис. 18.39. Алмаз в оправке

Шлифование — один из окончательных видов обработки металлов как в сыром, так и в закаленном состоянии. Шлифованием можно обрабатывать простые цилиндрические валы и отверстия, плоские и сложные профильные поверхности, например зубчатые колеса, шлицевые валы, резцы, червяки, направляющие станин и т.д.

Для осуществления процесса шлифования шлифуемая заготовка и шлифовальный круг совершают относительные движения, направления которых при различных видах шлифования показаны на рис. 18.40.

**Круглое наружное шлифование** выполняют на круглошлифовальных станках. Заготовку устанавливают в центрах или закрепляют в патроне. Различают шлифование с продольной и поперечной подачей.

При круглом наружном *шлифовании с продольной подачей* (рис. 18.40, а) необходимы следующие движения: вращение шлифовального круга (1) — главное движение резания; продольное возвратно-поступательное движение заготовки (или шлифовального круга) вдоль своей оси (2) — продольное движение подачи; вращение обрабатываемой заготовки вокруг своей оси (3) — круговая подача заготовки; поперечное перемещение шлифовального круга к заготовке (4) — поперечная подача, т.е. подача на глубину шлифования. При шлифовании с продольным движением подачи поперечную подачу осуществляют в конце каждого двойного или одинарного хода стола станка.

При круглом наружном *шлифовании с поперечной подачей* (рис. 18.40, б) заготовка не имеет продольного перемещения, а шлифуется одновременно по всей длине; при этом ширина круга должна быть равна длине заготовки или несколько больше ее. Шлифовальный круг совершает главное вращательное движение резания и одновременно поперечную подачу.

При *бесцентровом шлифовании* (рис. 18.40, в) процесс резания осуществляют следующим образом: шлифуемую заготовку устанавливают на опорном ноже между двумя кругами — шлифующим (на рисунке слева) и подающим (на рисунке справа). При этом круги совершают вращательные

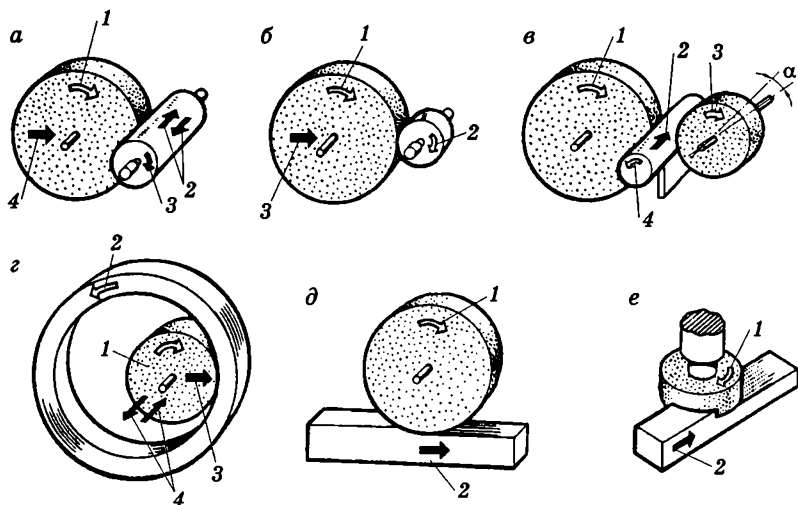


Рис. 18.40. Схемы движения при шлифовании:

*а* — круглое наружное шлифование с продольной подачей (1 — вращение шлифовального круга; 2 — продольное движение подачи; 3 — вращение обрабатываемой заготовки; 4 — поперечное движение подачи); *б* — круглое наружное шлифование с поперечной подачей (1 — главное вращательное движение резания; 2 — круговая подача заготовки; 3 — поперечное движение подачи); *в* — бесцентровое шлифование (1, 3 — вращательные движения кругов; 2 — продольное движение подачи заготовки; 4 — круговое движение подачи заготовки); *г* — круглое внутреннее шлифование с продольным движением подачи шлифовального круга (1 — вращательное движение круга; 2 — вращательное движение заготовки; 3 — поперечное движение подачи круга; 4 — продольное движение подачи круга); *д* — плоское шлифование периферией круга (1 — главное движение резания; 2 — движение продольной подачи); *е* — плоское шлифование торцом круга (1 — главное движение резания; 2 — движение продольной подачи)

движения (1 и 3), а заготовка — продольное (2) и круговое (4) движения. Скорости вращения шлифовальных кругов различны.

**Круглое внутреннее шлифование** делится на шлифование с продольным движением подачи, шлифование врезанием и бесцентровое.

Схема круглого внутреннего шлифования с продольным движением подачи шлифовального круга показана на рис. 18.40, *г*.



Заготовку закрепляют в патроне, а круг осуществляет следующие движения: вращательное движение (1), продольное движение подачи (4) шлифовального круга (или заготовки), поперечное движение подачи (3) круга.

**Плоское шлифование** делится на два вида: шлифование периферией (рис. 18.40, *д*) и торцом (рис. 18.40, *е*) круга. Для плоского шлифования необходимы следующие движения: вращение шлифовального круга (1) — главное движение резания; движение заготовки (2) — движение продольной подачи (прямолинейное возвратно-поступательное или вращательное движение стола); движение шлифовального круга к заготовке (или вертикальная подача заготовки к шлифовальному кругу) — подача на глубину шлифования; поперечное движение подачи заготовки (или шлифовального круга) в направлении, перпендикулярном к направлению продольного движения (2) подачи.

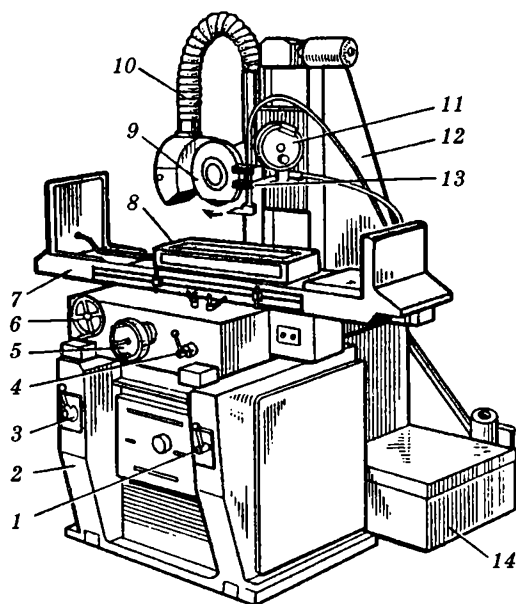
При всех видах шлифования главное движение резания совершает шлифовальный круг. Скорость резания при шлифовании определяют по формуле

$$v = \frac{\pi D n}{1000 \cdot 60} \text{ (м/с)}.$$

При шлифовании скорость резания  $v = 25 \dots 50$  м/с. Она значительно выше, чем при других видах обработки металлов резанием.

На рис. 18.41 показан плоскошлифовальный станок модели 3Б71М, предназначенный для шлифования плоскостей периферией круга. Станок состоит из следующих сборочных единиц: станины 2, стола 7, колонки 12, шлифовальной бабки 13. Кроме того, станок имеет устройства, с помощью которых осуществляется вертикальное перемещение шлифовальной бабки (рукоятка 3), переключение магнитной плиты 8 (рукоятка 4), устройство 5 переключения поперечной подачи стола, а также маховичок 6 ручного продольного перемещения стола, устройство 11 микрометрической вертикальной подачи, рычаг 1 реверсирования поперечной подачи и вытяжку 10 для отсоса абразивной пыли при шлифовании. Лимб вертикальной ручной

подачи круга имеет цену деления 0,01 мм. В верхней части колонки 12 вмонтирована гайка для осуществления вертикального перемещения шлифовальной бабки 13. Шлифовальная бабка имеет шпиндель, встроенный электродвигатель и механизм вертикального перемещения. Шлифовальный круг, установленный на шпинделе, закрыт кожухом 9. Стол 7 станка, перемещаясь по направляющим станины 2, совершает возвратно-поступательное движение, которое может осуществляться также вручную от маховичка 6 и автоматически от гидропривода 14. Возвратно-поступательное движение стола является главным движением подачи, скорость которого регулируется в пределах 0...20 м/мин.



*Рис. 18.41.* Плоскошлифовальный станок модели 3Б71М:

1 — рычаг; 2 — станина; 3 — рукоятка включения вертикального перемещения шлифовальной бабки; 4 — рукоятка переключения магнитной плиты; 5 — устройство переключения поперечной подачи стола; 6 — маховичок ручного продольного перемещения стола; 7 — стол; 8 — магнитная плита; 9 — кожух; 10 — вытяжка; 11 — устройство микрометрической вертикальной подачи; 12 — колонка; 13 — шлифовальная бабка; 14 — гидропривод

Подготовка плоскошлифовального станка к шлифованию состоит из ряда этапов.

1. Выбор шлифовального круга (форма и габаритные размеры, абразивный материал, номер зерна и индекс зернистости, твердость структуры, связка и класс круга). Он зависит от свойств обрабатываемого материала, режима шлифования, требований, предъявляемых к шероховатости и точности обрабатываемых заготовок.

2. Установка и закрепление круга на шпинделе шлифовальной бабки, при необходимости — балансировка и правка круга.

3. Установка на прямоугольном столе станка магнитной или электромагнитной плиты. Нижнюю часть плиты (основанием) надо закрепить на столе станка в Т-образных пазах. Магнитная плита (рис. 18.42) состоит из железных пластин 1 и 2 с немагнитными прослойками 3 между ними. Сильные

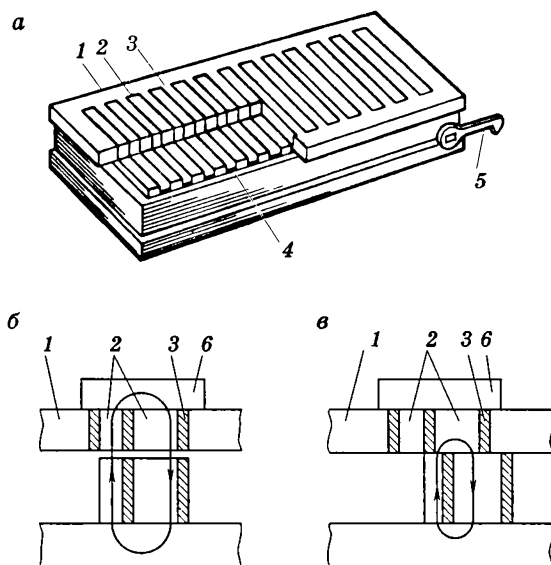


Рис. 18.42. Магнитная плита с постоянными магнитами:

*а* — общий вид; *б* — положение магнитов при закреплении и шлифовании заготовок; *в* — положение магнитов при установке и снятии заготовок; 1, 2 — железные пластины; 3 — немагнитные прослойки; 4 — постоянные магниты; 5 — рукоятка; 6 — заготовка

постоянные магниты 4 можно перемещать путем замыкания магнитных силовых линий на железные пластины либо на закрепляемую заготовку 6. При снятии заготовки следует переместить магниты рукояткой 5 и замкнуть их на железные пластины.

4. Проверка плоскостности стола и магнитной плиты с помощью индикатора, закрепленного на шпинделе шлифовальной бабки. Отклонение от плоскостности не должно превышать 0,02 мм на длине 1000 мм.

5. Закрепление заготовки на магнитной плите.

6. Установка упоров реверсирования хода стола в зависимости от длины и ширины заготовок, закрепленных на магнитной плите. Перебег стола должен быть равен 20...30 мм с каждого края заготовки.

7. Проверка и регулировка подачи СОТС, состав которой должен соответствовать обрабатываемой заготовке.

8. Подбор по технологической карте необходимых режимов резания (скорость продольного перемещения стола, скорость поперечного перемещения шлифовального круга вдоль оси шпинделя и вертикальная подача — глубина резания). Скорость продольного перемещения стола зависит от материала заготовки, припуска на обработку и составляет 5...8 м/мин для чугуна и мягких сталей, 10...20 м/мин для легированных, инструментальных и закаленных сталей. Скорость поперечного движения подачи при предварительном шлифовании принимается равной 0,7–0,8 ширины круга за один продольный ход стола и 0,2–0,4 ширины круга за ход стола при окончательном шлифовании. Скорость вертикального движения подачи при предварительном шлифовании принимается равной 0,01...0,05 мм, при окончательном шлифовании — 0,005...0,01 мм.

9. Выполнение пробных проходов при наладке станка.

10. Регулировка механизма автоматического выключения вертикальной подачи шлифовальной бабки.

При работе на шлифовальных станках необходимо соблюдать следующие правила безопасности:

- не устанавливать на станок неиспытанный круг; проверять, нет ли на поверхности круга видимых дефектов;

- надежно зажимать круг между двумя мягкими прокладками;
- обязательно использовать для шлифовального круга защитный кожух;
- надежно закреплять заготовки в приспособлениях;
- оберегать круг от ударов и толчков;
- при работе на станках с движущимися столами не входить в зону вылета стола, требовать ее ограждения;
- не прикасаться к движущейся заготовке и вращающемуся кругу до полного их останова;
- работать только на исправном станке;
- не приближать лицо к вращающемуся шпинделю и к заготовке при наблюдении за ходом обработки; при работе использовать защитные очки;
- для удаления абразивной пыли и стружки пользоваться специальной щеткой и совком, при этом обязательно надевать защитные очки; не сдувать стружку ртом.
- станки должны иметь исправное блокирующее устройство, срабатывающее при прекращении подачи электроэнергии к станку.

### Вопросы и задания для самоконтроля

1. Какова суть обработки металлов резанием?
2. Какие движения совершаются при резании металлов?
3. Какова геометрия режущего инструмента?
4. Назовите виды стружки при резании металлов.
5. Что такое точение? Назовите движения при точении.
6. Перечислите работы, выполняемые на токарном станке модели 16К20.
7. Опишите конструкцию станка модели 16К20.
8. Что такое строгание? Какие движения совершаются при строгании?
9. Назовите виды строгальных станков, объясните их устройство и назначение.
10. Назовите виды строгальных резцов.
11. Что такое фрезерование? Какие движения совершаются при фрезеровании?
12. Дайте определение фрезы. Перечислите виды фрез.

13. Какие способы фрезерования вы знаете?
14. Назовите виды фрезерных станков, объясните их устройство и назначение.
15. Какова суть процесса шлифования?
16. Изобразите схемы шлифования.
17. Опишите устройство плоскошлифовального станка модели 3Б71М.
18. Что представляет собой шлифовальный круг? Объясните его маркировку.
19. Какие правила необходимо соблюдать при работе на металлорежущих станках?

## Литература

1. *Грановский Г.И.* Резание металлов / Г.И. Грановский, В.Г. Грановский. М.: Высш. шк., 1985. 304 с.
2. *Дмитрович А.М.* Книга для начинающего слесаря / А.М. Дмитриевич. Минск: Беларусь, 1991.
3. *Катаев А.М.* Слесарное дело / А.М. Катаев. СПб.: Лань, 2000. 176 с.
4. *Крупницкий Е.И.* Слесарное дело / Е.И.Крупницкий. Минск: Выш. шк., 1976. 288 с.
5. *Макиенко Н.И.* Общий курс слесарного дела / Н.И. Макиенко. М.: Высш. шк., 1984. 176 с.
6. *Макиенко Н.И.* Практические работы по слесарному делу / Н.И. Макиенко. М.: Высш. шк., 1987. 192 с.
7. *Покровский Б.С.* Слесарное дело / Б.С. Покровский, В.А. Скакун. М.: Академия, 2003. 320 с.
8. *Санцевич В.И.* Допуски и технические измерения / В.И. Санцевич. Минск: Оракул, 1995. 270 с.
9. *Скакун В.А.* Производственное обучение общеслесарным работам / В.А. Скакун. М.: Высш. шк., 1989. 256 с.
10. *Слесарь-инструментальщик / Н.М. Малевский [и др.].* М.: Высш. шк., 1987. 304 с.

# Оглавление

Предисловие .....	3
<b>1. Общие сведения о слесарном деле .....</b>	<b>5</b>
1.1. Основные виды слесарных работ .....	5
1.2. Оборудование рабочего места слесаря .....	6
1.3. Слесарный инструмент и механизация слесарных работ ....	15
1.4. Организация рабочего места слесаря .....	16
Вопросы и задания для самоконтроля .....	20
<b>2. Гигиена труда, производственная санитария и профилактика травматизма .....</b>	<b>21</b>
2.1. Санитарно-гигиенические условия труда .....	21
2.2. Режим труда .....	24
2.3. Безопасные условия труда .....	26
Вопросы и задания для самоконтроля .....	29
<b>3. Плоскостная и пространственная разметка .....</b>	<b>30</b>
3.1. Суть и назначение разметки .....	30
3.2. Приспособления для плоскостной разметки .....	31
3.3. Инструмент для плоскостной разметки .....	32
3.4. Подготовка к разметке .....	39
3.5. Приемы плоскостной разметки .....	41
3.6. Суть и назначение пространственной разметки .....	48
3.7. Инструмент и приспособления для пространственной разметки .....	48
3.8. Подготовка к разметке и выбор баз .....	56
3.9. Приемы пространственной разметки .....	57
3.10. Брак при разметке. Организация рабочего места и безопасность труда .....	65
Вопросы и задания для самоконтроля .....	66
<b>4. Рубка металла .....</b>	<b>68</b>
4.1. Суть и назначение рубки. Процесс резания .....	68
4.2. Инструмент для рубки .....	71
4.3. Заточка инструмента для рубки .....	74
4.4. Основные приемы рубки .....	75
4.5. Механизация процесса рубки .....	82
4.6. Брак при рубке. Организация рабочего места и безопасность труда .....	84
Вопросы и задания для самоконтроля .....	85



<b>5. Правка и рихтовка</b>	<b>86</b>
5.1. Суть правки и рихтовки. Оборудование и инструмент для ручной правки и рихтовки	86
5.2. Приемы ручной правки	88
5.3. Машинная правка металла. Брак при правке и безопасность труда	93
Вопросы и задания для самоконтроля	95
<b>6. Гибка металла</b>	<b>96</b>
6.1. Суть гибки	96
6.2. Приемы гибки деталей	99
6.3. Машинная гибка	102
6.4. Гибка и развальцовка труб	104
6.5. Безопасность труда при гибке металла	107
Вопросы и задания для самоконтроля	107
<b>7. Резка металла</b>	<b>109</b>
7.1. Суть и назначение резки. Резка ручной ножовкой	109
7.2. Резка ручными ножницами	117
7.3. Машинная резка металла	122
7.4. Брак при резке металла и безопасность труда	131
Вопросы и задания для самоконтроля	132
<b>8. Опиливание металла</b>	<b>133</b>
8.1. Суть и назначение опиливания. Напильники	133
8.2. Выбор напильников для опиливания	141
8.3. Уход за напильниками	142
8.4. Рукоятки к напильникам	144
8.5. Приемы и виды опиливания. Контроль опиливания	146
8.6. Механизация опилоочных работ	159
8.7. Брак при опиливании. Организация рабочего места и безопасность труда	162
Вопросы и задания для самоконтроля	163
<b>9. Сверление, зенкерование, развертывание</b>	<b>164</b>
9.1. Суть сверления. Сверла	164
9.2. Оборудование для ручного и механизированного сверления	169
9.3. Установка и крепление деталей при сверлении	180
9.4. Крепление сверл	186
9.5. Заточка спирального сверла	190

9.6. Выбор режимов резания при сверлении .....	196
9.7. Порядок подготовки и настройка сверлильного станка ...	199
9.8. Приемы сверления отверстий .....	201
9.9. Особенности сверления труднообрабатываемых материалов и пластмасс .....	207
9.10. Виды брака при сверлении и причины поломки сверл ....	208
9.11. Зенкерование и зенкование .....	210
9.12. Развертывание .....	215
9.13. Приемы развертывания .....	222
9.14. Брак при зенкеровании и развертывании .....	225
9.15. Безопасность труда и организация рабочего места при сверлении, зенкеровании и развертывании .....	226
Вопросы и задания для самоконтроля .....	228
<b>10. Нарезание резьбы .....</b>	<b>230</b>
10.1. Резьба и ее элементы .....	230
10.2. Типы и системы резьб .....	233
10.3. Инструмент для нарезания резьбы .....	235
10.4. Нарезание внутренней резьбы .....	243
10.5. Нарезание наружной резьбы .....	248
10.6. Брак при нарезании резьбы. Организация рабочего места и безопасность труда .....	252
Вопросы и задания для самоконтроля .....	255
<b>11. Пригоночные операции .....</b>	<b>256</b>
11.1. Распиливание .....	256
11.2. Пригонка .....	260
11.3. Припасовка .....	261
Вопросы и задания для самоконтроля .....	265
<b>12. Притирка и доводка .....</b>	<b>267</b>
12.1. Суть притирки и доводки .....	267
12.2. Абразивные материалы .....	268
12.3. Притиры .....	271
12.4. Приемы притирки .....	274
12.5. Механизация притирки .....	278
12.6. Контроль притирки и основные виды брака .....	280
12.7. Организация рабочего места и безопасность труда при притирке .....	281
Вопросы и задания для самоконтроля .....	282

<b>13. Шабрение</b> .....	283
13.1. Суть и назначение шабрения .....	283
13.2. Шаберы и их заточка .....	285
13.3. Приемы шабрения .....	291
13.4. Механизация шабрения .....	296
13.5. Брак при шабрении. Организация рабочего места и безопасность труда .....	298
Вопросы и задания для самоконтроля .....	299
<b>14. Клепка</b> .....	301
14.1. Суть клепки. Заклепки .....	301
14.2. Заклепочные швы .....	303
14.3. Ручная клепка .....	305
14.4. Машинная клепка .....	312
14.5. Организация рабочего места и безопасность труда при клепке .....	314
Вопросы и задания для самоконтроля .....	315
<b>15. Склеивание</b> .....	317
15.1. Суть склеивания. Клеи и клеевые соединения .....	317
Вопросы и задания для самоконтроля .....	321
<b>16. Пайка и лужение</b> .....	322
16.1. Суть пайки и ее виды .....	322
16.2. Подготовка деталей к пайке .....	324
16.3. Оборудование и инструмент для пайки .....	326
16.4. Пайка мягкими и твердыми припоями .....	330
16.5. Особенности пайки различных металлов и сплавов .....	333
16.6. Лужение .....	334
16.7. Брак при пайке и лужении. Организация рабочего места и безопасность труда .....	336
Вопросы и задания для самоконтроля .....	338
<b>17. Технологический процесс слесарной обработки</b> .....	339
17.1. Понятие о технологическом процессе .....	339
17.2. Разработка технологического процесса .....	340
17.3. Технологическая документация .....	343
Вопросы и задания для самоконтроля .....	344

---

<b>18. Основы теории обработки металлов резанием на металлорежущих станках .....</b>	<b>345</b>
18.1. Резание металлов как технологический способ обработки .....	345
18.2. Элементы резания .....	348
18.3. Устройство и геометрия режущего инструмента .....	352
18.4. Точение .....	356
18.5. Стругание .....	363
18.6. Фрезерование .....	370
18.7. Шлифование .....	384
Вопросы и задания для самоконтроля .....	392
Литература .....	394

*По вопросам приобретения книг обращайтесь:*

---

**Республика Беларусь**

ООО «Новое знание»  
220050, а/я 79, Минск,  
пр. Пушкина, д. 15а  
Тел./факс: (10-375-17) 211-50-38  
E-mail: nk@wnk.biz  
<http://wnk.biz>

**Российская Федерация**

Отдел оптовых продаж «ИНФРА-М»:  
127282, Москва, ул. Полярная, д. 31в, стр. 1  
Тел. (495) 380-4260; факс (495) 363-9212  
E-mail: books@infra-m.ru  
Отдел «Книга—почтой»:  
Тел. (495) 363-4260 (доб. 232, 246)

---

*Учебное издание*

*Среднее профессиональное образование*

**Карпицкий Виктор Ростиславович**

**ОБЩИЙ КУРС СЛЕСАРНОГО ДЕЛА**

**Учебное пособие**

Ведущий редактор	Л.А. Крупич
Редактор	О.В. Литвинова
Художник обложки	С.В. Ковалевский
Компьютерная верстка	С.И. Лученок
Корректор	Л.К. Мисуно

Оригинал-макет подготовлен ООО «Новое знание»

Подписано в печать 25.11.2011.  
Формат 60 × 90<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная. Гарнитура Школьная.  
Печать офсетная. Усл. печ. л. 25.0. Уч.-изд. л. 21,0.  
Доп. тираж 500 экз. Заказ № 5418.  
ТК 141100-9754-251110

Общество с ограниченной ответственностью «Новое знание»  
ЛИ № 02330/0552555 от 08.04.2009.  
Ул. Шаранговича, 7-2136, 220015, Минск, Республика Беларусь  
Почтовый адрес: а/я 79, 220050, Минск, Республика Беларусь  
Телефон/факс: (10-375-17) 211-50-38  
E-mail: nk@wnk.biz <http://wnk.biz>

ООО «Научно-издательский центр ИНФРА-М»  
127282, Москва, ул. Полярная, д. 31В, стр. 1  
Тел.: (495) 380-05-40, 380-05-43. Факс: (495) 363-92-12  
E-mail: books@infra-m.ru <http://www.infra-m.ru>

Отпечатано с готовых диапозитивов в ОАО ордена «Знак Почета»  
«Смоленская областная типография им. В.И. Смирнова».  
214000, г. Смоленск, проспект им. Ю. Гагарина, 2.



Российская  
Федерация

ISBN 978-5-16-004755-3



9 785160 047553



Республика  
Беларусь

ISBN 978-985-475-445-1



9 789854 754451