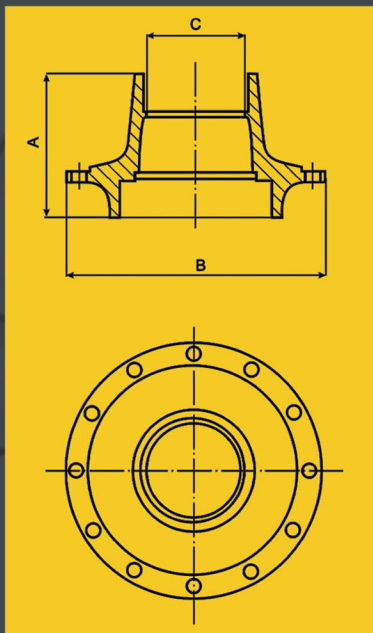


# СЛЕСАРНОЕ ДЕЛО

В.Н. Фещенко



*механическая  
обработка  
деталей  
на станках*



**В.Н. Фещенко**

**СЛЕСАРНОЕ ДЕЛО**  
**Механическая обработка**  
**деталей на станках**  
**Книга 2**

*Учебное пособие*

**Инфра-Инженерия**  
**Москва**  
**2013**



УДК 621.7(075)

ББК 34.671

**Ф44**

**Р е ц е н з е н т ы:**

*Юкляев М.П.* - заслуженный учитель РФ;

*Денисов Н.Б.* - главный механик завода «Красный пролетарий».

**Фещенко В.Н.**

Ф44 СЛЕСАРНОЕ ДЕЛО. Механическая обработка деталей на станках. Книга 2 : учеб. пос. / В.Н. Фещенко. – М. Инфра-Инженерия, 2013. - 464 с.:ил.

ISBN 978-5-9729-0054-1

Даны основы механической обработки деталей на станках, работающих с лезвийным и абразивным инструментом. Изложены методы подготовки инструмента к установке на станок, методы и средства контроля обрабатываемых деталей. Даны основные сведения по охране труда и пожарной безопасности на рабочем месте.

Для учащихся профессионально-технических учебных заведений и для студентов машиностроительных специальностей технических вузов. Может быть использовано при подготовке рабочих на производстве.

© Фещенко В.Н., 2013

© Издательство «Инфра-Инженерия», 2013

ISBN 978-5-9729-0054-1

## **ВВЕДЕНИЕ**

В век космонавтики, высокоразвитых технологий и вычислительной техники необходимы новые совершенные машины для производства продукции, в которой нуждается современное общество. Создание новой машины - это труд многих специалистов, вклад каждого из них уникален. В том числе и слесаря. Его работа начинается с момента передачи чертежей в производство. Через руки этого специалиста проходят опытные образцы всех машин, включая космические корабли, автомобили, приборы и многое другое, чем пользуются человек.

Несмотря на высокий уровень оснащения машиностроительного производства, опытное производство экспериментальной техники включает значительный объем высококвалифицированного ручного труда слесарей-сборщиков. Только опираясь на их опыт и знания, можно осуществить создание новых конструкций, связанных с нанотехнологией. Только с помощью этих специалистов при доведении деталей до заданных параметров в чертежах можно обеспечить технические требования, которые не под силу современным металлообработочным станкам.

Работоспособность машин в период их эксплуатации также зависит от работы слесаря: от качества технического обслуживания и своевременного ремонта для обеспечения безаварийной работы. Вплоть до утилизации машины.

В этой книге приведен краткий круг вопросов, с которыми придется сталкиваться молодому специалисту слесарю-сборщику в будущей деятельности. Мы не пытались осветить все секреты мастерства – это невозможно. Но мы пытались рассказать, что необходимо знать и какими навыками и приемами практической работы предстоит овладеть с помощью стар-

## СЛЕСАРНОЕ ДЕЛО. Механическая обработка деталей на станках

ших товарищей. Знания и умение выполнять конкретную работу мы назвали слесарным делом.

Учебное пособие "Слесарное дело" представлено в трех книгах:

книга 1 "Слесарное дело. Слесарные работы при изготовлении и ремонте машин";

книга 2 "Слесарное дело. Механическая обработка деталей на станках";

книга 3 "Слесарное дело. Сборка производственных машин".

Учебное пособие "Слесарное дело" составлено в соответствии с требованиями стандарта ОСТ 9 ПО 02.2.17-2002 и предназначается в качестве учебного пособия для начального и среднего профессионального образования в специальных учебных заведениях и для молодых рабочих, совершенствующих свое мастерство на машиностроительном производстве.

Приношу глубокую признательность и благодарность всем, кто поделился своим опытом, словом и делом принял участие в составлении данного учебного пособия и чьи наработки включены в это пособие.

Успехов и удачи!

Автор.

## Глава 1 ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ МАШИН

### 1.1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОЦЕССЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

*Производственным процессом* называется совокупность всех действий, в результате которых исходные материалы и полуфабрикаты превращаются в готовую продукцию (изделия). Производственный процесс включает в себя подготовку станков и организацию обслуживания рабочих мест, получение и хранение материалов и полуфабрикатов, изготовление деталей, сборку изделий, технический контроль в процессе изготовления и испытания готовых изделий, консервацию и сдачу на склад готовой продукции.

В зависимости от масштаба различают единичное, серийное и массовое производство. В условиях единичного производства на каждом станке обрабатывают штучные детали, отличающиеся большим разнообразием форм, размеров, массы, материалов и т. д. В единичном производстве применяют универсальные станки, универсальные приспособления и инструмент; квалификация рабочих в таком производстве наиболее высокая по сравнению с квалификацией рабочих в серийном и массовом производстве.

Производственный процесс состоит из основных (изготовление и сборка изделий) и вспомогательных (изготовление и заточка инструмента, изготовление оснастки и приспособлений, ремонт станков, внутризаводское хранение и транспортирование и т. д.) процессов.

*Технологический процесс* – это часть производственного процесса, содержащая действия по изменению и последующему определению состояния предмета производства. В результате выполнения технологических процессов изменяются

физико-химические свойства материалов, геометрическая форма, размеры и относительное положение элементов деталей, качество поверхности, внешний вид объекта производства и т. д. Технологический процесс непосредственно связан с обработкой деталей. Последовательность и способы обработки заготовок (деталей), содержащиеся в технологическом процессе, зависят от производственной программы, размеры которой определяют масштаб производства.

При производстве машин и их деталей применяются различные составные части технологических процессов: формование; литье; кузнечно-прессовая обработка; обработка резанием; гальванопластика; термическая, электрофизическая, электрохимическая, нанесение покрытия; слесарная подготовка, обработка и изготовление; сварка; пайка; склеивание; сборка; узловая сборка; общая сборка; контроль качества продукции; ремонт.

Технологический процесс выполняют на рабочих местах.

*Рабочее место* – часть цеха, в котором размещено соответствующее технологическое оборудование. Технологический процесс состоит из операций технологических и вспомогательных, например, технологический процесс обработки валика состоит из токарных, фрезерных, шлифовальных и других операций.

*Технологическая операция* – законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте. Операция охватывает все действия оборудования и рабочих над одним или несколькими совместно обрабатываемыми (собираемыми) объектами производства. В обычном производстве операцию выполняют на отдельном станке или сборочном оборудовании, в автоматизированном производстве на автоматической линии, которая представляет собой комплекс технологического оборудования. В зависимости от сложности технологического процесса число операций изменяется от одной до нескольких десятков и более. Операция является основным элементом производственного планирования и учета. Трудоемкость технологического процесса, число рабочих, обеспечение оборудованием и инструментом определяют по числу операций. К вспомогательным операциям относятся контроль деталей, их транспортирование, маркировка и другие работы. Технологические операции делят на технологические и вспомогательные переходы, а также на рабочие и вспомогательные ходы.

Описание операций технологического процесса изготовления или ремонта изделия в их технологической последовательности с соблюдением правил записи этих операций и их кодирования приводят в *маршрутной карте*. Например, операции обработки резанием разбиты на группы, которым присвоены определенные номера: 06 – отделочная (хонинговальные, доводочные, полировальные, суперфинишные станки); 08 – программная (станки с программным управлением); 12 – сверлильная; 14 – токарная; 16 – шлифовальная.

*Технологический переход* – законченная часть технологической операции, характеризуемая постоянством применяемого инструмента и поверхностей, образуемых обработкой или соединяемых при сборке. При обработке резанием технологический переход представляет собой процесс получения каждой новой поверхности или сочетания поверхностей режущим инструментом. Обработку осуществляют в один или несколько переходов (сверление отверстия – обработка в один переход, получение отверстия тремя последовательно работающими инструментами: сверлом, зенкером, разверткой – обработкой в три перехода). При записи содержания операций в маршрутной карте используют установленные ключевые слова технологических переходов и их условные коды, например: 05 – довести; 08 – заточить; 18 – полировать; 19 – притирать; 29 – суперфинишировать; 30 – точить; 31 – хонинговать; 33 – шлифовать; 36 – фрезеровать; 81 – закрепить; 82 – настроить; 83 – переустановить; 90 – снять; 91 – установить.

*Вспомогательный переход* – законченная часть технологической операции, состоящая из действий человека и (или) оборудования, которые не сопровождаются изменением формы, размеров и качества поверхностей, но необходимы для выполнения технологического перехода. Например, установка обрабатываемой заготовки, ее закрепление, смена режущего инструмента.

Переходы могут быть совмещены во времени за счет одновременной обработки нескольких поверхностей детали несколькими режущими инструментами, например торца и отверстия. Их можно выполнять последовательно, параллельно (например, одновременная обработка нескольких поверхностей на агрегатных или многолезцовых станках) и параллельно-последовательно. Вспомогательные переходы записы-

вают с использованием ключевых слов (выверить, закрепить, настроить, переустановить, переместить, проверить, смазать, снять, установить), обозначенных прописными буквами русского алфавита.

*Рабочий ход* – законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, сопровождаемого изменением формы, размеров, качества поверхности или свойств заготовки.

*Вспомогательный ход* также представляет собой законченную часть технологического перехода, состоящую из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, не сопровождаемого перечисленными ее изменениями, но необходимого для выполнения рабочего хода. При обработке резанием в результате каждого рабочего хода с поверхности или сочетания поверхностей заготовки снимается один слой материала.

Для осуществления обработки заготовки устанавливают и закрепляют с требуемой точностью в приспособлении или на столе станка, при сборке – на сборочном стенде или другом оборудовании.

*Установом* называют часть технологической операции, выполняемую при неизменном закреплении обрабатываемых заготовок или собираемой сборочной единицы. Операция может выполняться за один или несколько установов. Например, для токарной обработки вала или втулки, как правило, необходимы два установка.

Положение объекта производства относительно оборудования или инструмента изменяют поворотными и другими устройствами. В этом случае он занимает несколько различных позиций.

*Позицией* называют фиксированное положение, занимаемое неизменно закрепленной обрабатываемой заготовкой или собираемой сборочной единицей совместно с приспособлением относительно инструмента или неподвижной части оборудования для выполнения определенной части операции (одного или нескольких переходов).

В зависимости от потребностей изделия изготавливают в различных количествах. Организацию производства и характер технологического процесса изменяют в соответствии с количеством выпускаемых изделий и их трудоемкостью. Произ-



водства по типу условно делят на единичное, серийное и массовое. Отнесение завода или цеха к тому или иному типу производства является условным потому, что на одном заводе или в цехе могут существовать различные типы производства, поэтому обычно исходят из преобладающего.

*Изделие* – любой предмет или набор предметов производства, подлежащих изготовлению на предприятии.

*Деталь* – изделие, выполненное из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций.

*Сборочная единица, узел* – изделие, составные части которого подлежат соединению между собой на предприятии-изготовителе на сборочных операциях.

*Заготовка* – предмет производства, из которого изменением формы, размеров, шероховатости поверхности и свойств материала изготовляют деталь или неразъемную сборочную единицу (заготовку перед первой технологической операцией называют *исходной*). Материал исходной заготовки называют *основным*, а расходуемый при выполнении технологического процесса дополнительно к основному – *вспомогательным*.

*Сборочный комплект* – группа составных частей изделия, которые необходимо подать на рабочее место для сборки изделия или его сборочной единицы.

*Полуфабрикат* – изделие не прошедшее завершающую стадию обработки или сборки.

*Качество продукции* – совокупность свойств изделия (продукции), обуславливающих их пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с его назначением.

## **1.2. МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ НА СТАНКАХ**

Это часть технологического процесса изготовления деталей машин. В результате механической обработки на станках различного назначения с заготовки последовательно снимают припуск, металл в виде стружки различной величины. В результате в зависимости от точности обработки на поверхности деталей образуется геометрическая форма, размеры и относительное положение элементов поверхностей, качество поверхности, изменяются физико-химические свойства материалов и т. д. Требуемая точность обработки определяется

чертежом на деталь, а последовательность и способы обработки деталей определяются производственным процессом.

*Припуском на обработку* называют слой материала, удаляемый с поверхности заготовки в процессе обработки резанием (снятием стружки).

*Промежуточным припуском* ( $z_p$ ) называют слой материала, необходимый для выполнения технологического перехода; промежуточный припуск определяется разностью размеров, получаемых на смежных предшествующем ( $a$ ) и выполняемом ( $b$ ) переходах технологического процесса обработки данной элементарной поверхности.

*Межоперационный припуск* – слой материала, удаляемый при выполнении одной технологической операции.

Для внешних поверхностей детали  $z_o = a - b$ , для внутренних поверхностей детали  $z_o = b - a$ .

*Общим припуском* ( $z_y$ ) называют слой материала, необходимый для выполнения всей совокупности технологических переходов, т. е. всего процесса обработки данной поверхности от черной заготовки до готовой детали; общий припуск  $z_o$  определяется разностью размеров черной заготовки ( $a_3$ ) и готовой детали ( $a_1$ ). Для внешних поверхностей  $z_y = a_3 - a_1$ ; для внутренних поверхностей  $z_y = a_1 - a_3$ .

Общий припуск на обработку равен сумме промежуточных припусков по всем технологическим переходам процесса обработки от черной заготовки до готовой детали

Различают симметричные и асимметричные припуски на обработку.

*Симметричные припуски* всегда имеют место при обработке внешних и внутренних поверхностей вращения, а в ряде случаев при параллельной обработке противоположащих поверхностей деталей машин.

*Асимметричные припуски* получают в тех случаях, когда противоположащие грани обрабатываются независимо одна от другой, причем обработка может быть произведена различными методами и при различном числе переходов и проходов.

Одностороннее расположение припуска представляет собой частный случай асимметричных припусков, когда противоположащая грань не обрабатывается.

При каждом выполняемом переходе могут быть ликвидированы погрешности, возникшие на предшествующем переходе, чтобы получающиеся погрешности при выполняемом

переходе не суммировались с предшествующими погрешностями. Для этого необходимо принимать, в первую очередь, все меры для снижения нагрузки при резании.

Погрешности геометрических форм – эллиптичность, гранность, конусность, выпуклость, вогнутость и т. п. – должны охватываться допуском на размер обрабатываемой элементарной поверхности детали, который учитывается при установлении припусков на обработку. Пространственные отклонения – кривизна детали, смещение и увод осей, непараллельность осей, неперпендикулярность осей и поверхностей и тому подобные отклонения во взаимном положении элементов детали – не связаны с допуском на размер и должны учитываться отдельно при определении припусков на обработку.

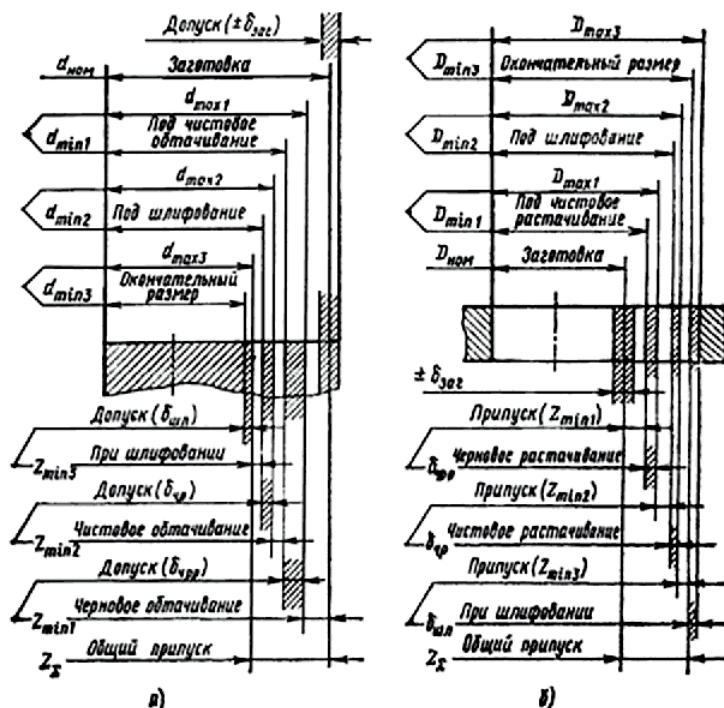


Рис. 1.1. Схема распределения припусков между технологическими переходами обработки вала (а) и отверстия (б)

## СЛЕСАРНОЕ ДЕЛО. Механическая обработка деталей на станках

Как показывает опыт, при токарной обработке первоначально снимают с максимальной глубиной резания большую часть припуска, которая включает все погрешности заготовки. Затем при полустивовой обработке глубина резания составляет 1-4 мм, а при чистовой обработке – 0,1-1 мм (в зависимости от требуемой точности и качества обработки) (рис. 1.1).

При этом окончательное чистовое точение может обеспечить точность обработки не более 10 квалитета и шероховатость  $Ra = 3,2 \dots 1,6$  мкм. Если это качество обработки не удовлетворяет требованиям конструкции, то токарную операцию считают предварительной операцией и назначают шлифовальную операцию. Припуск под шлифование заготовки составляет 0,3-0,5 мм. Окончательное чистовое шлифование может обеспечить точность обработки не более 7 квалитета и шероховатость  $Ra = 0,4 \dots 0,2$  мкм. Если это качество обработки не удовлетворяет требованиям конструкции, то шлифовальную операцию считают предварительной операцией и назначают в качестве окончательной операции притирку, доводку, хонингование или суперфиниш. Эти операции могут обеспечить точность обработки не более 5 квалитета и шероховатость  $Ra = 0,05 \dots 0,025$  мкм. Перечисленные операции выполняются механообработкой на металлорежущих станках. Если необходима более высокая точность и качество обработки, то ее обеспечивает слесарь вручную.

## Глава 2

# ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ НА СТАНКАХ ЛЕЗВИЙНЫМ ИНСТРУМЕНТОМ

## 2.1. ОСНОВЫ ТЕОРИИ РЕЗАНИЯ МЕТАЛЛОВ ЛЕЗВИЙНЫМ ИНСТРУМЕНТОМ

### 2.1.1. Образование стружки

Процесс резания (стружкообразования) при обработке заготовок деталей является сложным физическим процессом, сопровождающимся большим тепловыделением, деформацией металла, износом режущего инструмента и образованием нароста на резце.

Знание закономерностей процесса резания и сопровождающих его явлений позволяет рационально управлять этим процессом и изготавливать детали более качественно, производительно и экономично.

При резании различных материалов образуются следующие основные типы стружек (рис. 2.1): сливные (непрерывные), скалывания (элементные) и надлома.

*Сливная стружка* (рис. 2.1, а) образуется при резании пластических металлов (например, мягкой стали, латуни) с высокими скоростями резания и малыми подачами при температуре 400-500°С. Образованию сливной стружки способствуют уменьшение угла резания (при оптимальном значении пе-

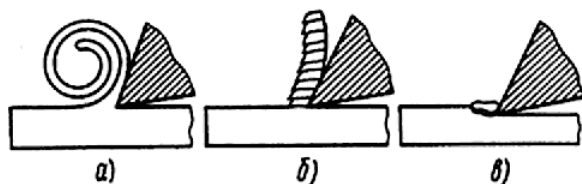


Рис. 2.1. Типы стружек:  
а – сливная; б – скалывания; в – надлома

реднего угла) и высокое качество смазочно-охлаждающей жидкости.

*Стружка скалывания* (рис. 2.1, б) состоит из отдельных элементов, связанных друг с другом и имеет пилообразную поверхность. Такая стружка образуется при обработке твердой стали и некоторых видов латуни с малыми скоростями резания и большими подачами. С изменением условий резания стружка скалывания может перейти в сливную стружку и наоборот.

*Стружка надлома* образуется при резании малопластичных материалов (чугуна, бронзы) и состоит из отдельных кусочков (рис. 2.1, в).

Режущий инструмент деформирует не только срезаемый слой, но и поверхностный слой обрабатываемой детали. Деформация поверхностного слоя металла зависит от различных факторов, и ее глубина составляет от сотых долей миллиметра до нескольких миллиметров. Под действием деформации поверхностный слой металла упрочняется, увеличивается его твердость и уменьшается пластичность, т. е. происходит так называемый *наклеп* обрабатываемой поверхности.

Чем мягче и пластичнее обрабатываемый металл, тем интенсивнее процесс образования наклепа. Чугуны обладают значительно меньшей способностью к упрочнению, чем стали. Глубина и степень упрочнения при наклепе увеличиваются с увеличением подачи и глубины резания и уменьшаются с увеличением скорости резания. При работе плохо заточенным инструментом глубина наклепа примерно в 2-3 раза больше, чем при работе остро заточенным инструментом. Применение смазочно-охлаждающей жидкости значительно уменьшает глубину и степень упрочнения поверхностного слоя.



Рис. 2.2. Нарост на резце:

а – величина нароста;  $\delta$  и  $\delta_1$  – углы резания до и после образования нароста соответственно

При обработке металлов, особенно пластичных, в непосредственной близости к режущей кромке резца на переднюю поверхность резца налипает обрабатываемый материал, образуя металлический нарост, имеющий клиновидную форму и по твердости в 2-3 раза превышающий твердость обрабатываемого материала. Являясь как бы продолжением резца, нарост (рис. 2.2) изменяет геометрические параметры резца ( $\delta_1 < \delta$ ), участвует в резании металла и оказывает влияние на результаты обработки, износ резца и силы, действующие на резец.

В процессе обработки нарост периодически скалывается и вновь образуется; отрыв частиц нароста по длине режущего лезвия происходит неравномерно, что приводит к мгновенному изменению глубины резания. Эти явления, повторяющиеся периодически, увеличивают шероховатость обработанной поверхности. С увеличением пластичности обрабатываемого металла размеры нароста возрастают. При обработке хрупких металлов, например чугуна, нарост, как правило, не образуется.

При скорости резания  $v < 5$  м/мин нарост не образуется. Наибольшая величина нароста соответствует  $v = 10 + 20$  м/мин для инструмента из быстрорежущей стали и  $v > 90$  м/мин для твердосплавного инструмента. Поэтому при этих скоростях не рекомендуется производить чистовую обработку.

С увеличением подачи нарост увеличивается, поэтому при чистовой обработке рекомендуется подача 0,1-0,2 мм/об. Глубина резания существенного влияния на размеры нароста не оказывает.

Для уменьшения нароста рекомендуется уменьшать шероховатость передней поверхности режущего инструмента, по возможности увеличивать передний угол  $\gamma$  (например, при  $\gamma = 45^\circ$  нарост почти не образуется) и применять смазочно-охлаждающие жидкости. При черновой обработке образование нароста, напротив, оказывает благоприятное влияние на процесс резания.

### **2.1.2. Тепловые явления при резании**

В процессе резания металлов около 80% работы затрачивается на пластическое и упругое деформирование срезаемого слоя и слоя, прилегающего к обработанной поверхности и поверхности резания, и около 20% работы – на преодоление трения по передней и задней поверхностям резца. Примерно 85-90% всей работы резания превращается в тепло-



вую энергию, количество которой (в зоне резания) существенно влияет на износостойкость инструмента, на шероховатость обработанной поверхности.

Установлено, что свыше 70% этой теплоты уносится стружкой, 15-20% поглощается инструментом, 5-10% – деталью и только 1% излучается в окружающее пространство.

Температура в зоне резания зависит от физико-механических свойств обрабатываемого материала, режимов резания, геометрических параметров режущего инструмента и применяемой смазочно-охлаждающей жидкости.

При обработке стали выделяется больше теплоты, чем при обработке чугуна. С увеличением прочности и твердости обрабатываемого материала температура в зоне резания повышается и при тяжелых условиях работы может достигнуть 1000-1100°С.

При увеличении подачи температура в зоне резания повышается, но менее интенсивно, чем при увеличении скорости резания. Глубина резания оказывает наименьшее (по сравнению со скоростью и подачей) влияние на температуру в зоне резания. С увеличением угла  $\delta$  резания и главного угла  $\phi$  в плане температура в зоне резания возрастает, а с увеличением радиуса  $r$  скругления резца – уменьшается. Применение смазочно-охлаждающей жидкости существенно уменьшает температуру в зоне резания.

### **2.1.3. Износ режущего инструмента**

Износ режущего инструмента значительно отличается от износа деталей машин, поскольку зона резания, в которой работает инструмент, характеризуется высокой химической чистотой трущихся поверхностей, высокими температурой и давлением в зоне контакта. Механизм износа инструмента при резании металлов сложен и включает в себя абразивный, адгезионный и диффузионный износ. Удельное влияние каждого из них зависит от свойств материала, инструмента и детали и условий обработки (прежде всего скорости резания).

*Абразивный износ* инструмента заключается в следующем: твердые частицы (стружка или абразив) внедряются в рабочую поверхность инструмента и путем нанесения микроцарапин удаляют металл с этой поверхности. Интенсивность абразивного износа повышается при снижении скорости резания.

*Адгезионный износ* инструмента происходит в результате схватывания или прилипания трущихся поверхностей и последующего отрыва мельчайших частиц материала инструмента. Результатом этого износа, происходящего при температуре ниже 900°С, являются кратеры на рабочих поверхностях инструмента, образующиеся при слиянии лунки. Адгезионный износ уменьшается при повышении твердости инструмента.

*Диффузионный износ* инструмента, происходящий при температуре 900- 1200°С, является результатом взаимного растворения металла детали и материала инструмента. Активность процесса растворения повышается при повышении температуры контактного слоя, т. е. при возрастании скорости резания. Поэтому диффузионный износ можно рассматривать как один из видов химического износа, приводящего к изменению химического состава и физико-химических свойств поверхностных слоев инструмента и снижающего его износостойкость.

Чем выше механические свойства обрабатываемого материала и содержание в нем углерода, хрома, вольфрама, титана, молибдена, тем интенсивней износ инструмента. Наибольшее влияние на интенсивность износа оказывает скорость резания, меньшее – подача и глубина резания.

Как правило, инструмент изнашивается по задней и передней поверхностям. За критерий износа обычно принимают допустимый износ  $h_3$  по задней поверхности инструмента (рис. 2.3, а).

Например, для твердосплавных резцов при черновой обработке  $h_3 = 1,0 + 1,4$  мм для стали и  $h_3 = 0,8 + 1,0$  мм для чугуна, а при чистовой обработке  $h_3 = 0,4 + 0,6$  мм для стали и  $h_3 = 0,6 + 0,8$  мм для чугуна. Преобладающий износ по задней поверхности обычно наблюдается при обработке с низкими скоростями резания сталей с малой (не более 0,15 мм) толщиной среза, а также при обработке чугуна.

Преобладающий износ по передней поверхности резца наблюдается при большом давлении и при высокой температуре в зоне резания. Такие условия возникают при обработке с высокими скоростями резания и без охлаждения стали с большой (более 0,5 мм) толщиной среза. При износе резца по передней поверхности на последней образуется лунка (рис. 2.3, б), ширина и глубина которой непрерыв-

но увеличиваются. При этом ширина перемычки между лункой и режущей кромкой непрерывно уменьшается, и, когда перемычка исчезает, наступает полный или катастрофический износ (рис. 2.3, в).

На практике инструмент изнашивается по задней и передней поверхностям одновременно, и при этом увеличивается радиус скругления режущей кромки (рис. 2.3, г). Преобладание одного из этих видов износа над другими зависит от режима обработки.

Геометрические параметры износа сверла показаны на рис. 2.4.

Для сверл из быстрорежущей стали  $h_3 = 0,5 + 1,2$  мм для чугуна и  $h_3 \leq 1,1$  мм для стали, а для сверл, оснащенных пластинами из твердого сплава,  $h_3 = 0,4 + 1,3$  мм для чугуна и стали. Большие значения износа допустимы для сверл большего диаметра.

Износ сверла по задней поверхности у периферийной части режущей кромки является наиболее распространенным и возникает вследствие увеличения температуры в зоне резания. Износ перемычки сверла наиболее часто возникает при обработке твердых материалов или при высокой скорости резания. Износ сверла по передней поверхности наиболее значителен при глубоком сверлении. Износ участка ленточки, примыкающего к режущей части сверла, зависит от величины деформаций, увода сверла и других факторов.

При чистовой обработке деталей за технологический критерий износа инструмента принимают допустимый износ инструмента, при превышении которого точность получаемых размеров и шероховатость обработанной поверхности не удов-

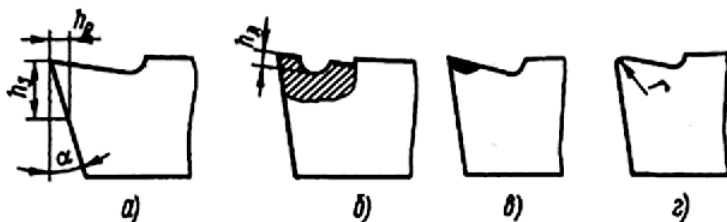


Рис. 2.3. Геометрические формы износа реза:  
 $h_3$  – износ по задней поверхности;  $h_p$  – радиальный износ;  
 $h_п$  – глубина лунки;  $r$  – радиус скругления

летворяют заданным (по техническим требованиям). Так, технологическим критерием износа мерных инструментов для обработки отверстий (например, разверток) является износ по задней поверхности, при котором обрабатываемое отверстие не укладывается в заданный допуск по размеру или по качеству поверхности.

Стойкость инструмента характеризуется его способностью без переточки длительное время обрабатывать заготовки в соответствии с техническими требованиями. Величина стойкости определяется временем непосредственной работы инструмента (исключая время перерывов) от переточки до переточки; это время называется периодом стойкости инструмента или стойкостью инструмента. Наибольшее влияние на стойкость инструмента оказывает скорость резания. Так, повышение скорости резания на 50% снижает стойкость инструмента примерно на 75%, в то время как аналогичное увеличение подачи снижает стойкость на 60%.

#### 2.1.4. Влияние смазочно-охлаждающей жидкости на процесс резания

Применение смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ) благоприятно воздействует на процесс резания металлов: значительно уменьшается износ режущего инструмента, повышается качество обработанной поверхности и снижаются затраты энергии на резание.

При этом уменьшается наростообразование у режущей кромки инструмента и улучшаются условия для удаления стружки и абразивных частиц из зоны резания. Наименьший эф-

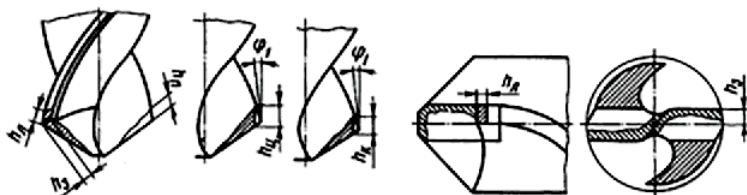


Рис. 2.4. Геометрические параметры износа сверла:

$h_3$  – износ по задней поверхности;  $h_2$  – износ по цилиндрическому участку;

$h_1$  – износ по передней поверхности;

$h_4$  – износ цилиндрического участка;  $h_5$  – износ конического участка

фект дает применение СОЖ при обработке чугуна и других хрупких материалов.

При работе твердосплавным инструментом на высоких скоростях резания рекомендуется обильная и непрерывная подача СОЖ, так как при прерывистом охлаждении в пластинах твердого сплава могут образоваться трещины и инструмент выйдет из строя.

Наиболее эффективно применение СОЖ при обработке вязких и пластичных металлов, при этом с увеличением толщины среза и скорости резания положительное воздействие СОЖ на процесс стружкообразования уменьшается. Выбор СОЖ зависит от обрабатываемого материала и вида обработки. СОЖ должна обладать высокими охлаждающими, смазывающими антикоррозионными свойствами и быть безвредной для обслуживающего персонала.

Все СОЖ можно разбить на две основные группы – охлаждающие и смазочные.

К первой группе относятся водные растворы и эмульсии, обладающие большой теплоемкостью и теплопроводностью. Широкое распространение получили водные эмульсии, содержащие поверхностно-активные вещества; водные эмульсии применяются при обдирочных работах, когда к шероховатости обработанной поверхности не предъявляют высоких требований.

Ко второй группе относятся минеральные масла, керосин, а также растворы поверхностно-активных веществ в масле или керосине. Жидкости этой группы применяются при чистовых и отделочных работах.

Также в СОЖ нашли применение осерненные масла (сульфофрезолы), в которых в качестве активированной добавки используется сера.

### **2.1.5. Основные факторы, влияющие на силу резания**

Зная силы, действующие в процессе резания, можно рассчитать и выбрать режущий инструмент и приспособления, определить мощность, затрачиваемую на резание, а также осуществлять рациональную эксплуатацию станка, инструмента и приспособлений.

Образование стружки в процессе резания происходит под действием силы резания, преодолевающей сопротивление

металла. Силу  $P$  резания (в Н) при обработке точением можно разложить на три составляющие (рис. 2.5):

тангенциальную  $P_z$ , направленную вертикально вниз и определяющую мощность, потребляемую приводом главного движения станка;

радиальную  $P_y$ , направленную вдоль поперечной подачи (эта сила отжимает резец и учитывается при расчете прочности инструмента и механизма поперечной подачи станка); осевую  $P_x$ , направленную вдоль продольной подачи (эта сила стремится отжать резец в сторону суппорта и учитывается при определении допустимой нагрузки на резец и механизмы станка при продольной подаче).

Между тремя составляющими силы резания существуют примерно следующие соотношения:  $P_y = (0,25 \div 0,5)P_z$ ;  $P_x = (0,1 \div 0,25)P_z$ .

В большинстве случаев  $P_z \approx 0,9 P$ , что позволяет многие практические расчеты производить не по силе  $P$  резания, а по тангенциальной ее составляющей  $P_z$ .

В процессе резания на величину  $P_z$ ,  $P_y$  и  $P_x$  влияют следующие факторы: обрабатываемый металл, глубина резания, подача, передний угол резца, главный угол резца в плане, радиус скругления режущей кромки резца, смазочно-охлаждающие жидкости, скорость резания и износ резца.

Физико-механические свойства обрабатываемого металла существенно влияют на величину силы резания. Чем больше

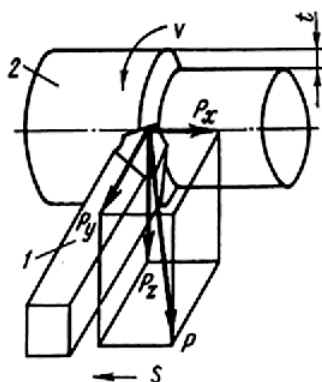


Рис. 2.5. Силы, действующие на резец:

1 – резец; 2 – заготовка;  $P$  – сила резания;  
 $P_x$ ,  $P_y$  и  $P_z$  – составляющие силы резания;  $v$  – скорость резания;  
 $s$  – подача;  $t$  – глубина резания

предел прочности при растяжении  $\sigma_B$  и твердость обрабатываемого металла, тем больше  $P_z$ ,  $P_y$  и  $P_x$ .

Увеличение глубины резания и подачи также приводит к увеличению составляющих силы резания, причем глубина резания больше влияет на силу резания, чем подача. Чем меньше передний угол  $\gamma$  или чем больше угол резания  $\delta = 90^\circ - \gamma$ , тем больше сила резания.

При увеличении главного угла  $\phi$  в плане сила  $P_y$  резко уменьшается, а сила  $P_x$  увеличивается. Для твердосплавных резцов при увеличении  $\phi$  от  $60^\circ$  до  $90^\circ$  сила  $P_z$  практически не изменяется. При увеличении радиуса  $r$  скругления режущей кромки резца силы  $P_z$  и  $P_y$  возрастают, а сила  $P_x$  уменьшается.

Износ резца по задней поверхности значительно увеличивает силы  $P_y$  и  $P_x$ .

При увеличении скорости резания с 50 до 400-500 м/мин сила  $P_z$  значительно уменьшается; дальнейшее повышение скорости резания дает лишь небольшое уменьшение силы  $P_z$ .

Смазочно-охлаждающие жидкости уменьшают силу  $P_z$  при небольшой толщине срезаемой стружки, увеличение толщины среза и скорости резания снижает эффект применения СОЖ.

Материал режущей части резца также оказывает влияние на силу резания; например, твердосплавные резцы снимают стружку с несколько меньшей силой резания, чем резцы из быстрорежущей стали.

## **2.2. ЖЕСТКОСТЬ И ВИБРАЦИИ УПРУГОЙ ЗАМКНУТОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ**

Возникающие при резании нагрузки воспринимаются инструментом и приспособлением, в котором инструмент закреплен, а также деталью и приспособлением, в котором она установлена и закреплена. Возникающие нагрузки в процессе резания передаются приспособлениями, инструментом и деталью на сборочные единицы (узлы) и механизмы станка, которые образуют *упругую замкнутую технологическую систему* (УЗТС) инструмент – деталь.

При обработке вала на токарном станке замыкающими звеньями упругой замкнутой технологической системы (УЗТС) являются вал 1 и резцедержатель с резцом 2 (рис. 2.6, а).

При обработке вала в центрах токарного станка УЗТС станка включает следующие звенья со стороны вала (рис. 2.6, б):



вал 4, который устанавливается в центры 2 и 5 станка и получает вращательное движение поводком 3 от планшайбы 1 станка, соединенной с приводом станка; с другой стороны УЗТС включает резец с резцедержателем, который через привод подачи соединен с приводом станка. Вместе с тем, звенья со стороны вала и со стороны резцедержателя связаны с достаточно жесткой и упругой станиной станка, которая (как рессора) воспринимает нагрузки, связанные с обработкой вала.

В процессе обработки детали на станке сила резания не остается постоянной. На изменение силы резания влияют сечение срезаемой стружки (неравномерный припуск), механические свойства материала детали, износ и затупление режущего инструмента, образование нароста на передней поверхности резца и др. Под действием изменяющейся силы резания упругая замкнутая технологическая система станка (приспособления, в которых закреплены инструмент и деталь) начинает деформироваться и вызывать изменение нагрузки на механизмы станка и условия работы электропривода.

Так как составляющие звенья УЗТС обладают определенной нежесткостью, податливостью, то резец во время обработки вала под действием упругих сил перемещается к оси заготовки и обратно (рис. 2.6, в). Эти взаимные колебания резца и заготовки при резании образуют волнистую поверхность на обрабатываемой заготовке.

Эти взаимные колебания заготовки и инструмента, измеряемые во времени, называют вибрациями.

Вибрации оказывают значительное влияние на условия обработки детали и зависят от жесткости УЗТС, от ее способности гасить колебания, т.е. препятствовать перемещению

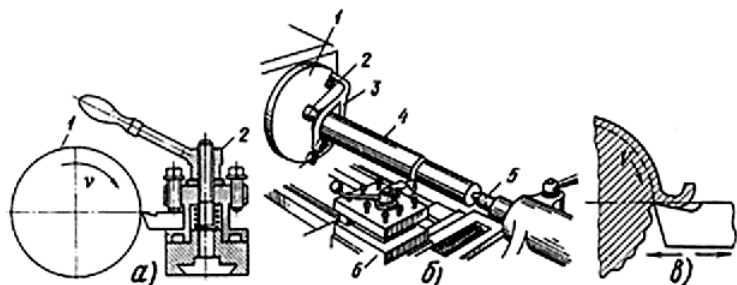


Рис. 2.6. Влияние колебаний УЗТС на неровности поверхности детали при обработке

элементов системы под действием изменяющихся нагрузок. Жесткость УЗТС является одним из основных критериев работоспособности и точности станка под нагрузкой.

Колебания при резании разделяют на вынужденные, причина возникновения которых – периодически действующие возмущающие силы, и автоколебания, которые не зависят от воздействия возмущающих сил.

Источниками возмущающих сил являются неуравновешенные части станка (шкивы, зубчатые колеса, валы), выполненные с дефектом передаточные звенья, неуравновешенность обрабатываемой детали, неравномерный припуск на обработку и другие факторы.

Основными источниками возникновения автоколебаний являются различные причины. К ним относится изменение сил резания: вследствие неоднородности механических свойств обрабатываемого материала, в процессе появления и удаления нароста с режущей части инструмента; изменение сил трения на поверхностях инструмента вследствие изменения скорости резания в процессе работы и др. На интенсивность автоколебаний оказывают влияние также физико-механические свойства обрабатываемого материала, параметры режима резания, геометрические параметры инструмента, жесткость отдельных элементов и всей УЗТС, зазоры в отдельных звеньях УЗТС.

С увеличением скорости резания вибрации сначала возрастают, а затем уменьшаются. При увеличении глубины резания вибрации возрастают, а с увеличением подачи – уменьшаются. При увеличении главного угла  $\phi$  в плане (резца) вибрации уменьшаются, а при увеличении радиуса  $r$  скругления режущей кромки резца – возрастают. Износ резца по задней поверхности способствует возрастанию вибраций. Чем больше вылет резца из резцедержателя и чем меньше размеры державки резца в поперечном сечении, тем меньше жесткость УЗТС, что приводит к увеличению вибраций станка, причем с повышением скорости резания интенсивность влияния этих факторов на увеличение вибраций возрастает.

Зная причины возникновения вибраций, можно найти способы их уменьшения. Рациональными являются такие способы, с помощью которых можно значительно уменьшить вибрации станка, не снижая его производительности:

- при каждом выполняемом переходе механической обработки от черной заготовки до готовой детали погрешности

размеров и геометрических форм копируются, но убывают по своим значениям с каждым выполняемым переходом и могут быть доведены при соответствующем построении технологического процесса до сколь угодно малых величин. На последнем переходе технологического процесса обработки эти погрешности должны находиться в пределах, допускаемых техническими требованиями, предъявляемыми к обрабатываемой детали;

- действительный размер при выполняемом переходе взаимосвязан с действительным размером, полученным на смежном предшествующем переходе и менее его (для внешних поверхностей) или более его (для внутренних поверхностей) на величину действительного припуска на обработку;

- погрешность установки обрабатываемой детали, образование так называемого нароста на режущем лезвии инструмента, изменение переднего и заднего углов в процессе резания, колебания в механических свойствах обрабатываемого металла и другие явления, имеющие место при выполняемом переходе, могут дать некоторые отклонения от вполне идентичного копирования заготовки.

Для снижения отклонений от геометрической формы поверхности детали и снижения ее шероховатости рекомендуют работать на исправном станке и при окончательной обработке принимать, в первую очередь, все меры для снижения нагрузки при резании и не работать изношенным инструментом.

## **2.3. ОБРАБОТКА НА ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНЫХ СТАНКАХ**

### **2.3.1. Основные сведения**

Техническими параметрами, по которым классифицируют токарно-винторезные станки, являются наибольший диаметр  $D$  обрабатываемой заготовки (детали) или высота центров над станиной (равная  $0,5 D$ ), наибольшая длина  $L$  обрабатываемой заготовки (детали) и масса станка.

Ряд наибольших диаметров обработки для токарно-винторезных станков имеет вид:  $D = 100, 125, 160, 200, 250, 320, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000$  и далее до  $4000$  мм.

Наибольшая длина  $L$  обрабатываемой детали определяется расстоянием между центрами станка. Выпускаемые стан-

ки при одном и том же значении  $D$  могут иметь различные значения  $L$ .

По массе токарные станки делятся на легкие – до 500 кг ( $D = 100 + 200$  мм), средние – до 4 т ( $D = 250 + 500$  мм), крупные – до 15 т ( $D = 630 + 1250$  мм) и тяжелые – до 400 т ( $D = 1600 + 4000$  мм).

Легкие токарные станки применяются в инструментальном производстве, приборостроении, часовой промышленности, в экспериментальных и опытных цехах предприятий. Эти станки выпускаются как с механической подачей, так и без нее.

На средних станках производится 70-80% общего объема токарных работ.

Эти станки предназначены для чистовой и получистовой обработки, а также для нарезания резьбы разных типов и характеризуются высокой жесткостью, достаточной мощностью и широким диапазоном частот вращения шпинделя и подач инструмента, что позволяет обрабатывать детали на экономичных режимах с применением современных прогрессивных инструментов из твердых сплавов и сверхтвердых материалов. Средние станки оснащаются различными приспособлениями, расширяющими их технологические возможности, облегчающими труд рабочего и позволяющими повысить качество обработки, и имеют достаточно высокий уровень автоматизации.

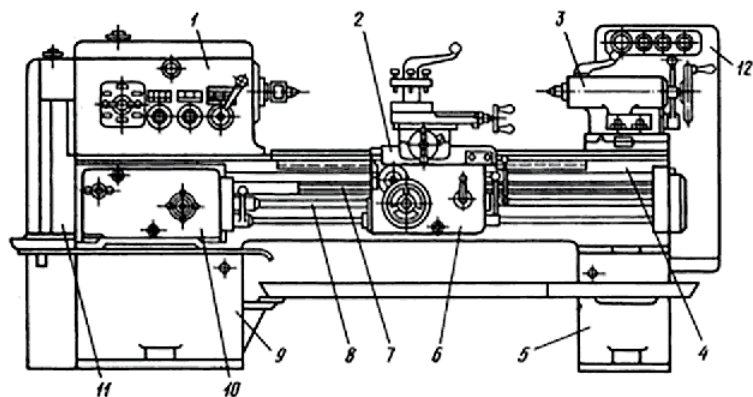


Рис 2.7. Сборочные единицы (узлы) и механизмы токарно-винторезного станка:

- 1 – передняя бабка; 2 – суппорт; 3 – задняя бабка; 4 – станина;
- 5 и 9 – тумбы; 6 – фартук; 7 – ходовой винт; 8 – ходовой валик;
- 10 – коробка подач; 11 – гитара сменных шестерен;
- 12 – электропусковая аппаратура

Крупные и тяжелые токарные станки применяются в основном в тяжелом и энергетическом машиностроении для обработки роторов турбин, в металлургии для обработки валков прокатных станков, в транспортном машиностроении для обработки железнодорожных колесных пар и др.

Все сборочные единицы (узлы) и механизмы токарно-винторезных станков имеют одинаковое название, назначение и расположение (рис. 2.7).

В передней бабке 1 размещены коробка скоростей и шпиндель, которые приводят во вращение обрабатываемую деталь при выбранных глубине резания и подаче.

Суппорт 2 (рис. 2.8) предназначен для перемещения во время обработки режущего инструмента, закрепленного в резцедержателе. Он состоит из нижних салазок (продольного суппорта) 1, которые перемещаются вручную с помощью маховика с рукояткой 15 или от ходового винта 2 по направляющим станины и обеспечивают перемещение резца вдоль заготовки. На нижних салазках по направляющим 12 перемещают вручную с помощью рукоятки или от ходового вала поперечные салазки (поперечный суппорт) 3, которые обеспечивают перемещение резца перпендикулярно оси вращения за-

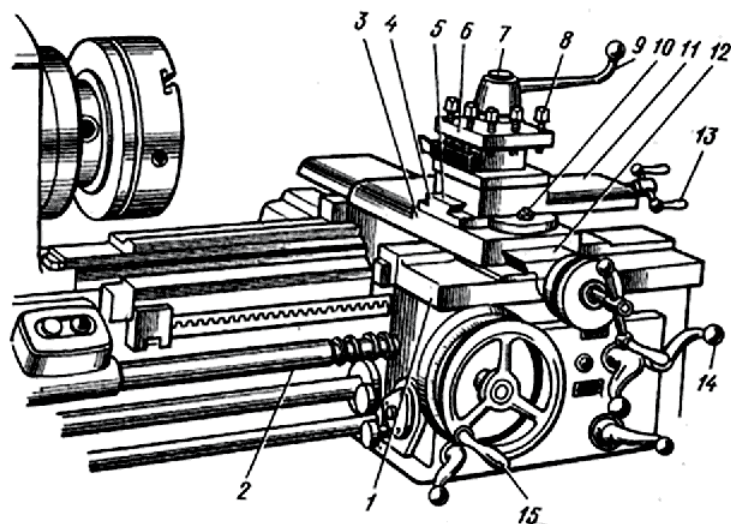


Рис. 2.8. Суппорт

готовки (детали). На поперечных салазках 3 расположена поворотная плита 4, которая закрепляется гайкой 10.

По направляющим 5 поворотной плиты 4 перемещают вручную с помощью рукоятки 13 или от ходового вала, расположенного под ходовым винтом 2, верхние салазки 11, которые вместе с плитой 4 могут поворачиваться в горизонтальной плоскости относительно поперечных салазок и обеспечивать перемещение резца под углом к оси вращения заготовки (детали).

Резцедержатель (резцовая головка) 6 с болтами 8 крепится к верхним салазкам с помощью рукоятки 9, которая перемещается по винту 7. Включение автоматических подач производится рукояткой 14.

Задняя бабка 3 (рис 2.7) перемещается вручную или с помощью продольного суппорта по направляющим станины и фиксируется в рабочем положении с помощью зажима. В задней бабке перемещается вручную маховиком пиноль, которая расположена на одной оси со шпинделем передней бабки 1. В пинולי имеется конусное отверстие, в котором может крепиться задний центр или инструмент для обработки отверстий и др.

Станина 4 расположена на тумбах 5 и 9. Длина станины зависит от длины обрабатываемых валов. На верхней поверхности станины расположены направляющие, по которым перемещается суппорт с резцедержателем и задняя бабка, между направляющими имеется щель для отвода стружки, на боковых поверхностях и торцах станины расположены места для установки и крепления сборочных единиц станка.

Ходовой валик 8 служит для передачи автоматических ходов поперечным и верхним салазкам суппорта.

Коробка подач 10 предназначена для изменения скорости вращения ходового винта 7 и ходового вала 8. Этим обеспечивается перемещение суппортов с выбранной скоростью в продольном и поперечном направлениях.

Гитара сменных шестерен 11, применяется в тех случаях, когда необходимо обеспечить жесткую связь шпинделя и суппорта станка для обеспечения оптимального режима резания. Эта связь осуществляется с помощью механизма подач, состоящего из реверсивного устройства (трэнзеля) и гитары, которые осуществляют изменение направления и скорости перемещения суппорта. Привод этого механизма осуществ-

ляется от коробки скоростей через гитару сменных зубчатых колес, которыми устанавливают (настраивают) определенное передаточное отношение, обеспечивающее заданное перемещение суппорта на один оборот шпинделя, что, например, необходимо при нарезании резьбы с заданным шагом.

Электропусковая аппаратура 12 обеспечивает управление электродвигателем главного привода станка и средствами автоматики и защиты при работе станка.

Упрощенная кинематическая схема токарно-винторезного станка представлена на рис. 2.9.

Обрабатываемая заготовка установлена в центрах передней и задней бабок. Вращение заготовке передается от шпинделя станка через поводковый патрон и хомутик, закрепленный на заготовке (детали). Обработка заготовки производится резцом, который перемещается (с подачей  $s$ ) суппортом, связанным с ходовым винтом (с шагом  $P_{хв}$ ).

Движение от шпинделя передается к ходовому винту через трензель, гитару сменных колес ( $z_1$  и  $z_2$ ;  $z_3$  и  $z_4$ ) и коробку подач.

Частота вращения шпинделя рассчитывается по формуле:

$$n = 1000 \frac{v}{\pi d},$$

где  $n$  – частота вращения шпинделя, об/мин;  $v$  – скорость резания, м/мин;  $d$  – диаметр обрабатываемой детали, мм.

Изменение частоты вращения шпинделя производится ступенчато в соответствии с геометрическим рядом со знаменателем  $\phi$  ( $\phi = 1,26; 1,41; 1,58$ ), т. е.  $n_2 = n_1\phi$ ;  $n_3 = n_2\phi = n_1\phi^2$  и т.д.

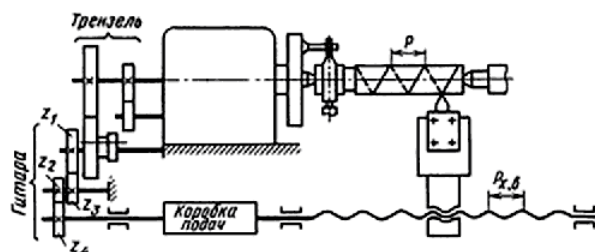


Рис. 2.9. Упрощенная кинематическая схема токарного станка



### 2.3.2. Установка заготовок

**Патроны.** Для установки и крепления заготовок на токарных станках применяют двух-, трех- и четырехкулачковые патроны.

В двухкулачковых самоцентрирующихся патронах закрепляют различные фасонные отливки и поковки; кулачки таких патронов, как правило, предназначены для закрепления только конкретной детали.

В трехкулачковых самоцентрирующихся патронах закрепляют заготовки круглой и шестигранной формы или круглые прутки различного диаметра.

В четырехкулачковых самоцентрирующихся патронах закрепляют прутки квадратного сечения, а в патронах с индивидуальной регулировкой кулачков – детали прямоугольной или несимметричной формы.

Наиболее широко применяют трехкулачковый самоцентрирующий патрон (рис. 2.10).

Кулачки 1, 2 и 3 патрона перемещаются одновременно с помощью диска 4. На одной стороне этого диска выполнены пазы (имеющие форму архимедовой спирали), в которых расположены нижние выступы кулачков, а на другой – нарезано коническое зубчатое колесо, сопряженное с тремя коническими зубчатыми колесами 5. При повороте ключом одного из колес 5 диск 4 через зубчатое зацепление поворачивается и посредством спирали перемещает по радиусу одновременно и равномерно все три кулачка по пазам корпуса 6 патрона. В зависимости от направления вращения диска кулачки приближаются к центру патрона или удаляются от него, зажимая или освобождая деталь.

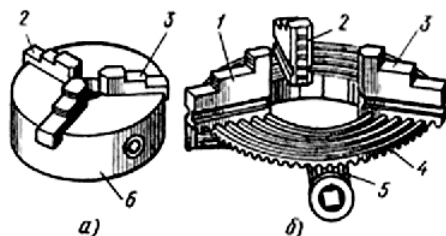


Рис. 2.10. Трехкулачковый самоцентрирующий патрон:  
а – внешний вид; б – конструкция патрона

Кулачки обычно изготавливают трехступенчатыми и для повышения износостойкости закаливают. Различают кулачки для крепления заготовок по внутренней и наружной поверхностям; при креплении по внутренней поверхности заготовка должна иметь отверстие, в котором могли бы разместиться кулачки.

*Поводковые патроны.* При обработке в центрах 4 передней бабки и 6 задней бабки (рис. 2.11) передачу движения заготовке может осуществлять поводковый патрон 1, который крепится на шпинделе станка, через палец-поводок 2 и хомутик 3, который крепится винтом на детали 5.

*Планшайбы* применяют в тех случаях, когда заготовки не могут быть установлены и закреплены в патронах (рис. 2.12). Планшайба 2 представляет собой плоский диск, который крепится к фланцу 1, устанавливаемому на шпинделе станка. Рабочая поверхность планшайбы может быть выполнена с радиальными или концентрическими пазами. Обрабатываемые заготовки центрируют и закрепляют на планшайбе с помощью сменных наладок и прихватов.

На рис. 2.12, а показано закрепление заготовки 4 типа кольца, которую устанавливают на опорную втулку 3 и при обработке наружной поверхности закрепляют шайбами 5 и 6 и винтом 8 с гайкой 7, а при обработке внутренних поверхностей – прихватами 9.

На рис. 2.12, б показано закрепление заготовки 5 типа кронштейна, которую устанавливают на угольнике 7 по центрирующим пальцам 6 и закрепляют откидным зажимом 4. Возникающий при этом дисбаланс устраняют противовесом 3.

*Центры.* В зависимости от формы и размеров обрабатываемых деталей применяют центры различных типов (рис. 2.13).

Угол при вершине рабочей части центра (рис. 2.13, а) обычно равен  $60^\circ$ . Конические поверхности рабочей 1 и хвостовой

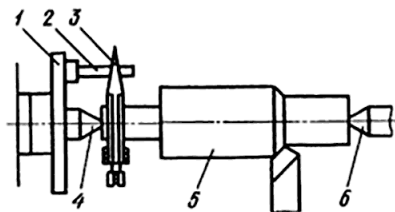


Рис. 2.11. Установка заготовок в центрах с поводковым патроном

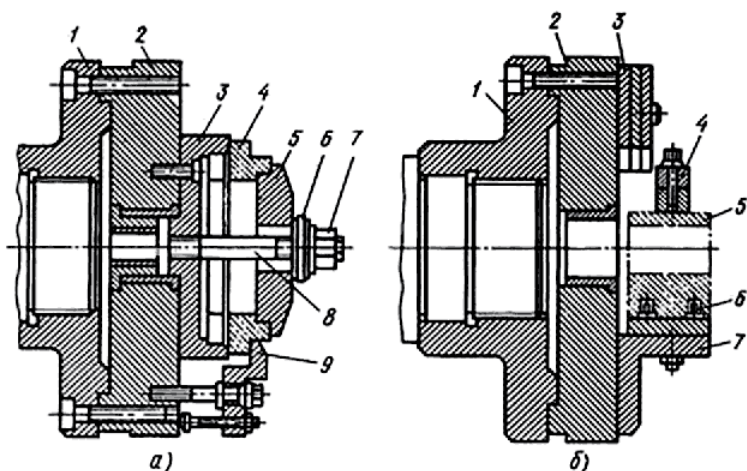


Рис. 2.12. Примеры закрепления заготовки на планшайбе

2 частей центра не должны иметь забоин, так как это приводит к погрешностям при обработке заготовок. Диаметр опорной части 3 меньше малого диаметра конуса хвостовой части, что позволяет выбивать центр из гнезда без повреждения конической поверхности хвостовой части.

Центр, показанный на рис. 2.13, б, служит для установки заготовок диаметром до 4 мм. У этих заготовок вместо цент-

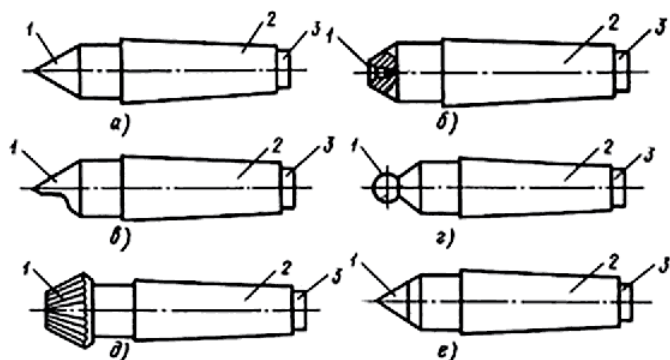


Рис. 2.13. Типы центров:

1 – рабочая часть; 2 – хвостовая часть; 3 – опорная часть

ровых отверстий изготавливают наружный конус с углом при вершине  $60^\circ$ , который входит во внутренний конус центра; поэтому такой центр называется обратным. Если необходимо подрезать торец заготовки, то применяют задний срезанный центр (рис. 2.13, в), который устанавливают только в пиноль задней бабки.

Центр со сферической рабочей частью (рис. 2.13, г) применяют в тех случаях, когда требуется обработать заготовку, ось которой не совпадает с осью вращения шпинделя станка.

Центр с рифленной поверхностью рабочей части (рис. 2.13, д) используют при обработке без поводкового патрона заготовок с большим центровым отверстием.

В процессе обработки передний центр вращается вместе с деталью и служит только опорой, а задний центр не вращается и поэтому (вследствие потери твердости от повышенного нагрева) интенсивно изнашивается. Для предотвращения износа рабочую часть заднего центра изготавливают из твердого сплава (рис. 2.13, е).

При обработке с большими скоростями резания и нагрузками применяют задние вращающиеся центры (рис. 2.14). В хвостовой части 4 центра на опорах качения 2, 3 и 5 смонтирована ось, на конце которой выполнена рабочая часть 1 центра, что обеспечивает ее вращение вместе с обрабатываемой заготовкой.

**Хомутики.** Передачу вращения от шпинделя к обрабатываемой заготовке, установленной в центрах станка, осуществляют с помощью хомутика, который надевают на заготовку и закрепляют винтом 1 (рис. 2.15, а), при этом хвостовик 2 хомутика упирается в палец поводкового патрона.

Более удобен в работе самозатягивающийся хомутик (рис. 2.15, б), в котором хвостовик 2 закреплен в корпусе 5 под-

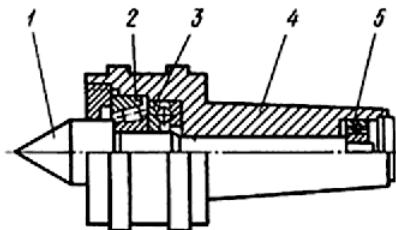


Рис. 2.14. Вращающийся центр

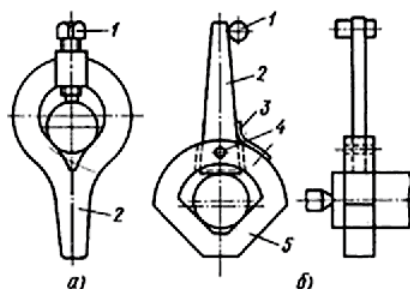


Рис. 2.15. Токарные хомутики:  
а – обычный; б – самозатягивающийся

видно на оси 4. Нижняя часть хвостовика 2, обращенная к заготовке, выполнена эксцентрично по отношению к оси 4 и имеет насечку. Для установки хомутика на заготовку хвостовик 2 наклоняют в сторону пружины 3, которая после установки хомутика предварительно затягивает заготовку хвостовиком. В процессе обработки палец-поводок 1 патрона производит окончательную затяжку заготовки хвостовиком пропорционально силе резания.

При обработке с большими скоростями резания и нагрузками применяют задние вращающиеся центры (рис. 2.16).

При установке длинных заготовок в качестве второй опоры используют задний центр (рис. 2.16).

Предварительно закрепленную в патроне заготовку поджимают задним центром, а затем окончательно зажимают кулачками патрона. Такой способ установки обеспечивает повышенную жесткость крепления заготовки, поэтому его применяют преимущественно при черновой обработке.

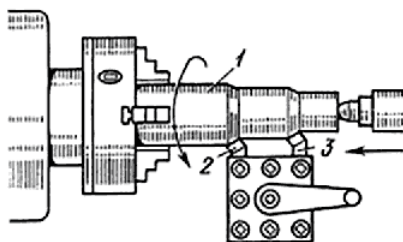


Рис. 2.16. Установка длинных заготовок в патроне с применением заднего центра:  
1 – заготовка; 2 и 3 – резцы

При установке заготовок, у которых длина выступающей из патрона части составляет 12-15 диаметров и более, в качестве дополнительной опоры используют люнеты (неподвижные и подвижные).

Неподвижный люнет (рис. 2.17, а) устанавливают на направляющих станины станка и крепят планкой 5 с помощью болта и гайки 6. Верхняя часть 1 люнета откидная, что позволяет снимать и устанавливать заготовку на кулачки или ролики 4, которые служат опорой для обрабатываемой заготовки и поджимаются к заготовке винтами 2. После установки винты 2 фиксируются болтами 3. В тех местах заготовки (обычно посередине), где устанавливаются ролики люнета, протачивают канавку.

Подвижный люнет (рис. 2.17, б) крепится на каретке суппорта и перемещается при обработке вдоль заготовки. Подвижный люнет имеет два кулачка, которые служат опорами для заготовки; третьей опорой является резец.

### 2.3.3. Наладка и настройка токарно-винторезного станка

Наладкой станка называют подготовку его к выполнению определенной работы по изготовлению детали в соответствии с установленным технологическим процессом для обеспечения требуемой производительности, точности и шероховатости поверхности.

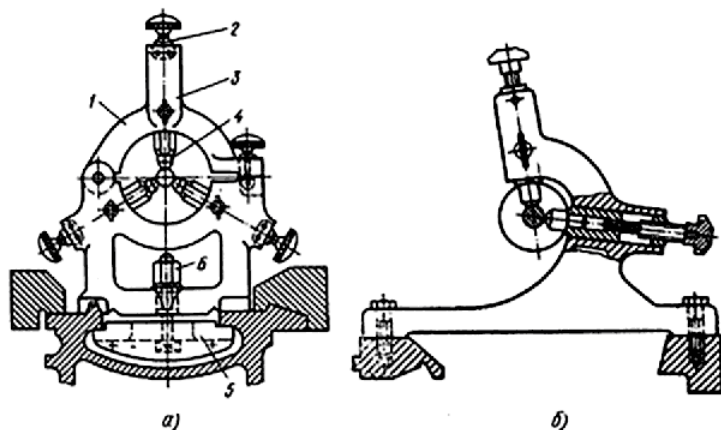


Рис. 2.17. Люнеты:  
а – неподвижный; б – подвижный

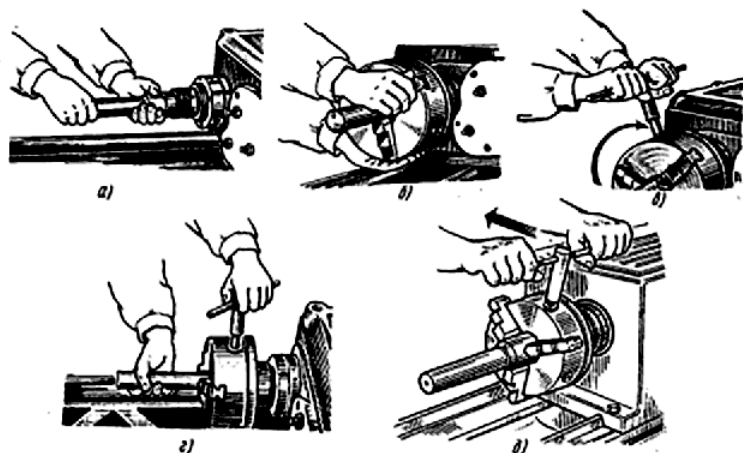


После наладки обрабатывают две-три детали, и если полученные после обработки размеры не соответствуют указанным на чертеже, то производят подналадку инструмента на требуемый размер.

Для обеспечения требуемых режимов резания производят настройку станка. Настройкой станка называется кинематическая подготовка его к выполнению заданной обработки по установленным режимам резания согласно технологическому процессу.

Подготовка станка к работе состоит из проверки исправности станка и в подготовке его к выполнению токарных операций. Перед началом работы токарь должен убедиться, что станок выполняет все команды и перемещение салазок суппорта (вручную и автоматически) осуществляется плавно без скачков, рывков и заеданий. Вначале нужно убедиться в надежности крепления патрона на шпинделе станка. Затем на холостом ходу проверяют выполнение станком команд по пуску и остановке электродвигателя станка, включение и выключение вращения шпинделя, включение и выключение механических подач суппорта.

Убедившись в исправности станка, приступают к его наладке. Для этого определяют, как должна устанавливаться



**Рис. 2.18. Установка и снятие трехкулачкового патрона:**  
а – установка оправки; б – установка трехкулачкового патрона на шпиндель; в – закрепление патрона; г – закрепление заготовки; д – освобождение патрона

и закрепляться заготовка на станке – в центрах, в патроне и т. д.

При установке трехкулачкового самоцентрирующегося патрона протирают обтирочным материалом, слегка смоченным в керосине, резьбу или конический конец и коническое отверстие шпинделя; прочищают внутреннюю резьбу или коническое отверстие переходного фланца патрона; в коническое отверстие шпинделя резким движением вставляют направляющую оправку (рис. 2.18, а); берут патрон двумя руками (рис. 2.18, б) и осторожно надевают его на направляющую оправку, далее, перемещая патрон влево и вращая его, совмещают первые нитки резьбы шпинделя и патрона, а затем, поддерживая патрон левой рукой снизу и одновременно вращая правой рукой, доворачивают его до отказа; ключом, вставленным в одно из квадратных отверстий патрона, слегка отводят его на себя и резко (с усилием) поворачивают от себя до отказа (рис. 2.18, в); во избежание самоотвинчивания патрона вставляют зубья стопорных сухарей в пазы шпинделя и прочно крепят их винтами; удаляют направляющую оправку, выталкивая ее (легким ударом) латунным прутком через отверстие в шпинделе.

Для установки заготовки в трехкулачковый самоцентрирующийся патрон левой рукой разводят кулачки патрона ключом (рис. 2.18, г) настолько, чтобы между кулачками прошла заготовка; правой рукой вводят заготовку между кулачками и сначала зажимают левой рукой, а затем, вращая ключ двумя руками, окончательно закрепляют заготовку в патроне. Если обработку производят в центрах, то для снятия патрона (рис. 2.18, д) вначале разводят кулачки патрона и в отверстия шпинделя закрепляют оправку; затем снимают стопорные сухари и, вставив ключ в гнездо патрона, резко поворачивают патрон на себя, а потом, поддерживая патрон левой рукой и перехватываясь правой, осторожно свинчивают патрон на оправку и снимают со станка.

После удаления оправки тщательно протирают коническое отверстие шпинделя и конический хвостовик центра. Затем правой рукой вводят центр (хвостовиком) в отверстие шпинделя и резким движением вставляют его до отказа (рис. 2.19, а).

Включают вращение шпинделя и проверяют центр на радиальное биение. Если центр вращается с биением, то его выбивают латунным прутком и снова вставляют в отверстие шпинделя, повернув на 30-45° вокруг оси. Затем левой рукой



вставляют центр в пиноль задней бабки. Для проверки соосности центров заднюю бабку подводят влево так, чтобы расстояние между вершинами центров было не более 0,3-0,5 мм; закрепляют пиноль и проверяют (на глаз) совпадение вершин в горизонтальной плоскости. Если вершины центров не совпадают, то добиваются их соосности смещением задней бабки. После этого производят установку поводкового патрона (рис. 2.19, б), используя те же приемы, что и при установке трехкулачкового патрона.

Следующим элементом наладки является выбор и установка резца в резцедержателе по высоте оси центров станка (рис. 2.19, в). Для этого резцедержатель подводят к центру задней бабки, вершину головки резца устанавливают так, чтобы вылет резца не превышал 1-1,5 высоты его державки, определяют взаимное положение вершины головки резца и центра станка и совмещают их по высоте введением подкладок под державку резца. Подкладки должны иметь параллельные и хорошо обработанные поверхности, не должны по длине и ширине выходить за пределы опорной поверхности резцедержателя. Число подкладок должно быть не более двух.

После наладки токарного станка производят его настройку. Перед настройкой станки на заданные частоту вращения шпинделя и подачу рукоятку включения шпинделя устанавливают в нейтральное (среднее) положение, рукоятки включения продольных и поперечных подач – в нерабочее положение и перемещают суппорт к задней бабке так, чтобы расстояние между ними было 100-150 мм.

Вначале настраивают отдельные кинематические цепи станка (главного движения и подач), а затем устанавливают в оп-

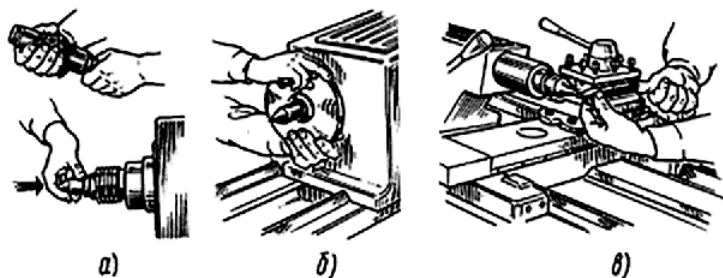


Рис. 2.19. Установка поводкового патрона и центра

ределенное положение органы управления (рукоятки коробки скоростей и коробки подач) для получения требуемых скорости резания и подачи. Конкретное значение частоты вращения шпинделя и ходового валика определяют, исходя из рациональных режимов обработки заготовки.

Рациональный выбор режима резания заключается в назначении таких величин подачи, глубины и скорости резания, которые позволяют максимально использовать возможности режущего инструмента и эксплуатационные возможности станка.

Режим резания обычно выбирают в такой последовательности: устанавливают глубину резания исходя из припуска на обработку и выполнения обработки с наименьшим числом проходов; устанавливают подачу с учетом прочности механизма подач и жесткости заготовки (для черновой обработки) и исходя из требуемой шероховатости поверхности, геометрии инструмента, материала заготовки (для чистовой обработки); устанавливают допустимую скорость резания исходя из выбранных глубины резания и подачи, мощности станка, материала заготовки, материала, геометрии и стойкости инструмента.

#### **2.3.4. Режущий инструмент**

При работе на токарных станках применяют различные режущие инструменты: резцы, сверла, зенкеры, развертки, метчики, плашки, фасонный инструмент и др.

Токарные резцы являются наиболее распространенным инструментом, они применяются для обработки плоскостей, цилиндрических и фасонных поверхностей, нарезания резьбы и т. д.

Элементы резца показаны на рис. 2.20. Резец состоит из головки (рабочей части) и стержня, служащего для закрепления резца в резцедержателе.

Передней поверхностью резца называют поверхность, по которой сходит стружка. Задними (главной и вспомогательной) называют поверхности, обращенные к обрабатываемой детали.

Главная режущая кромка выполняет основную работу резания. Она образуется пересечением передней и главной задней поверхностей резца. Вспомогательная режущая кромка образуется пересечением передней и вспомогательной задней поверхностей. Вершиной резца является место пересечения главной и вспомогательной режущих кромок.

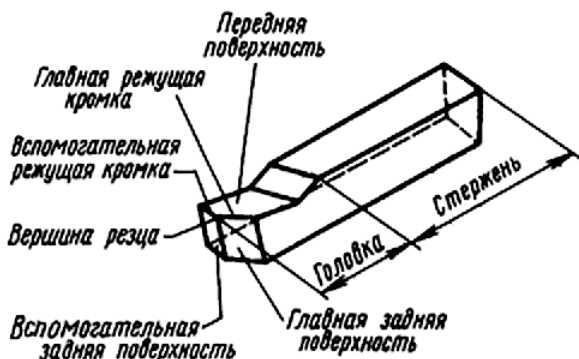


Рис. 2.20. Элементы резца

Для определения углов резца установлены понятия: плоскость резания и основная плоскость. Плоскостью резания называют плоскость, касательную к поверхности резания и проходящую через главную режущую кромку резца (рис. 2.21).

Основной плоскостью называют плоскость, параллельную направлению продольной и поперечной подачи; она совпадает с нижней опорной поверхностью резца.

Углы резца разделяют на главные и вспомогательные (рис. 2.22). Главные углы резца измеряют в главной секущей плос-

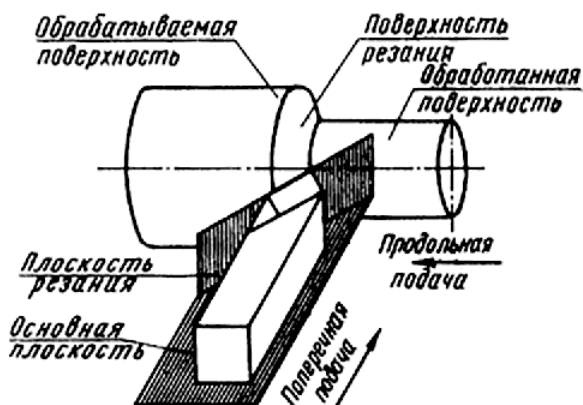


Рис. 2.21. Основные поверхности заготовки и условные плоскости для изучения геометрии резца

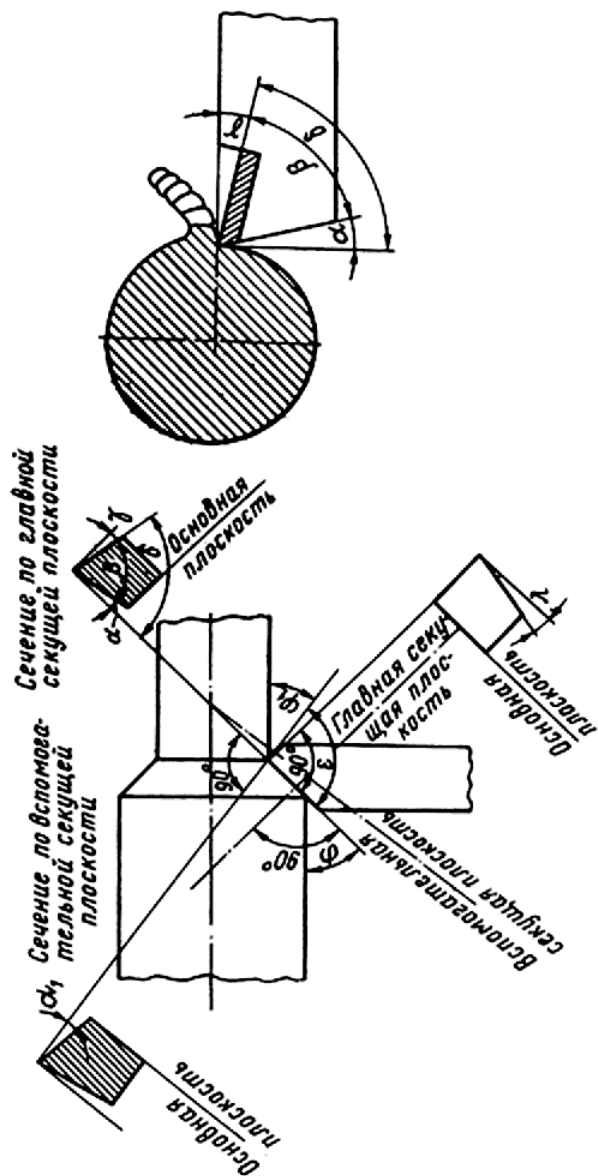


Рис. 2.22. Геометрия реза

кости, т. е. плоскости, перпендикулярной проекции главной режущей кромки на основную плоскость.

Главным задним углом  $\alpha$  называют угол между главной задней поверхностью резца и плоскостью резания.

Углом заострения  $\beta$  называют угол между передней и главной задней поверхностями резца.

Главным передним углом  $\gamma$  называют угол между передней поверхностью резца и плоскостью, перпендикулярной плоскости резания и проходящей через главную режущую кромку резца. Сумма углов  $\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ$ .

Углом резания  $\delta$  называется угол между передней поверхностью резца и плоскостью резания.

Главным углом в плане  $\varphi$  называется угол между проекцией главной режущей кромки на основную плоскость и направлением подачи.

Вспомогательным углом в плане  $\varphi_1$  называется угол между проекцией вспомогательной режущей кромки на основную плоскость и направлением подачи.

Углом при вершине в плане  $\epsilon$  называется угол между проекциями главной и вспомогательной режущих кромок на основную плоскость.

Вспомогательным задним углом  $\alpha_1$  называется угол между вспомогательной задней поверхностью и плоскостью, проходящей через вспомогательную режущую кромку перпендикулярно основной плоскости.

Углом наклона главной режущей кромки  $\lambda$  называется угол между главной режущей кромкой и плоскостью, проходящей через вершину резца параллельно основной плоскости.

Главный угол  $\varphi$  в плане влияет на стойкость резца и уровень скорости резания. Чем меньше  $\varphi$ , тем выше стойкость резца и уровень скорости резания, однако при этом увеличивается нагрузка на резец и при недостаточной жесткости **упругой замкнутой технологической системы** (УЗТС) могут возникнуть вибрации. Обычно при достаточно большой жесткости системы УЗТС принимают  $\varphi = 45^\circ$ , при малой жесткости  $\varphi = 90^\circ$ , при средней жесткости  $\varphi = 60^\circ + 75^\circ$ .

Вспомогательный угол  $\varphi_1$  в плане уменьшает участие вспомогательной режущей кромки в резании, влияет на скорость, резания и на шероховатость обрабатываемой поверхности. У проходных резцов для черновой обработки  $\varphi_1 = 10^\circ + 15^\circ$ .

Радиус  $r$  скругления при вершине реза оказывает влияние на прочность режущей кромки и стойкость реза. Увеличение  $r$  уменьшает шероховатость обработанной поверхности, но вызывает увеличение нагрузки на резец и приводит к возникновению вибраций. Для проходных резцов с твердосплавными пластинами  $r = 0,5$  мм (для резцов с поперечным сечением державки 10x16 и 12x20 мм);  $r = 1$  мм (для резцов с сечением 16x25 и 20x32 мм) и  $r = 1,5$  мм (для резцов с сечением 25x40 и 30x45 мм).

Форма заточки передней поверхности резцов бывает различной; область применения резцов в зависимости от формы их передней поверхности.

При обработке мягких сталей применяют резцы с положительным передним углом  $\gamma = 8 + 20^\circ$  (рис. 2.23, а), а при обработке твердых сталей ( $\sigma_s > 1000$  МПа) – с отрицательным углом  $\gamma = 5 + 10^\circ$  (рис. 2.23, б).

С увеличением переднего угла улучшается сход стружки, но уменьшается угол  $\beta$  заострения, что снижает прочность реза.

Угол  $\lambda$  наклона главной режущей кромки реза оказывает влияние на направление схода стружки относительно режущей кромки (рис. 2.24). При  $\lambda < 0$  завивающаяся стружка сходит влево, при  $\lambda > 0$  – вправо, а при  $\lambda = 0$  – в направлении, перпендикулярном главной режущей кромке. При  $\lambda > 0$  головка реза более массивная и стойкая, поэтому при черновой обточке, когда качество обработанной поверхности не имеет особого значения, рекомендуется  $\lambda = 0 + 5^\circ$ .

Задний угол  $\alpha$  позволяет уменьшить трение между задней поверхностью реза и поверхностью резания обрабатываемой заготовки (детали). Однако с увеличением  $\alpha$  умень-

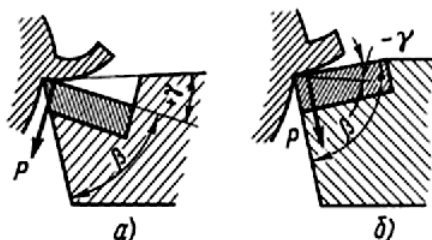


Рис. 2.23. Резец с положительным (а) и отрицательным (б) передним углом

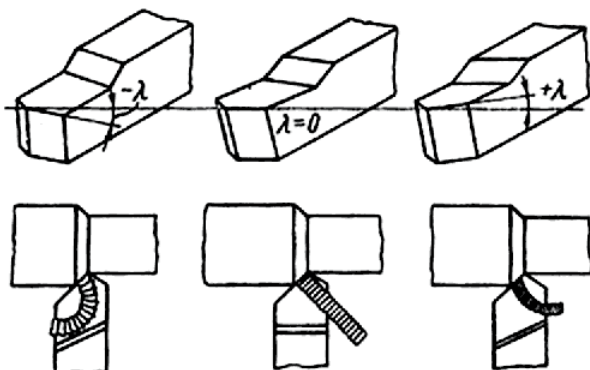


Рис. 2.24. Направление схода стружки

шается угол  $\beta$  заострения и, как следствие, прочность резца. Для твердосплавных резцов в зависимости от прочности обрабатываемого материала  $\alpha = 6 + 12^\circ$ .

При токарной обработке наружных поверхностей углы резания  $\gamma$ ,  $\alpha$  и  $\delta$  изменяются в зависимости от положения режущей кромки относительно оси заготовки.

Если резец установлен по оси заготовки (рис. 2.25, а), углы резания  $\gamma$ ,  $\alpha$  и  $\delta$  соответствуют полученным при заточке. При установке того же резца выше оси заготовки (рис. 2.25, б) угол  $\gamma$  увеличивается, а углы  $\alpha$  и  $\delta$  уменьшаются. При этих углах улучшаются условия резания, так как стружка легче сходит по передней поверхности, но незначительная перегрузка отжимает резец вниз и он внедряется в материал детали. Это может вызвать выкрашивание режущей кромки или поломку

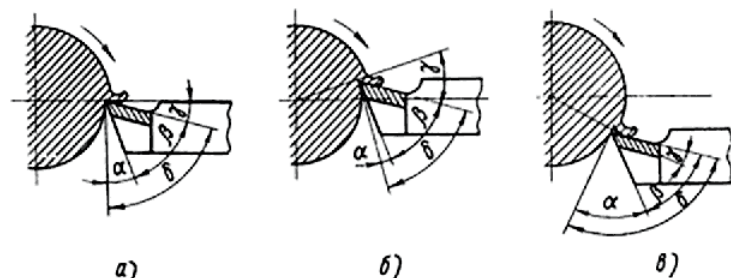


Рис. 2.25. Влияние на углы резания высоты установки резца



резца. Когда режущая кромка резца расположена ниже оси заготовки (рис. 2.25, в), то угол  $\gamma$  уменьшается, углы  $\alpha$  и  $\delta$  увеличиваются. При этом условия резания значительно ухудшаются по сравнению с первыми двумя случаями, так как под действием нагрузки резец отходит от заготовки.

При черновом обтачивании, когда снимается стружка большого сечения, резец устанавливают по оси заготовки или немного выше ее (но не более 0,01 диаметра обрабатываемой заготовки).

Для черновой и получистовой обработки с большими подачами проходные твердосплавные резцы могут быть выполнены с дополнительной режущей кромкой  $f_1$  (рис. 2.26).

Эти резцы имеют главную режущую кромку, образованную главным углом в плане  $\varphi = 45^\circ$ , и дополнительную режущую кромку с углом  $\varphi_1 = 0$  и длиной от 1,2 до 1,8 величины подачи (она располагается параллельно направлению подачи, с увеличением ее длины уменьшается шероховатость обработанной поверхности). Для предохранения вершины резца от скалывания вводят переходную кромку  $f_0 \approx 1$  мм под углом  $\varphi_0 = 20^\circ$ . Для обламывания стружки на передней поверхности вышлифовывают канавку шириной 8-10 мм и глубиной 1-1,5 мм, располагая ее под углом 15-20° к главной режущей кромке. Углы резца  $\gamma = 5^\circ$ ,  $\alpha = 6^\circ$ ,  $\alpha_1 = 3 + 5^\circ$ ,  $\lambda = 0 + 4^\circ$ . Работа резцами этого типа сопряжена с большими нагрузками на резец, что важно учитывать при недостаточной жесткости конструкции станка и крепления инструмента.

Резцы классифицируются:

по направлению подачи – на правые и левые (правые резцы на токарном станке работают при подаче справа налево, т. е. перемещаются к передней бабке станка);

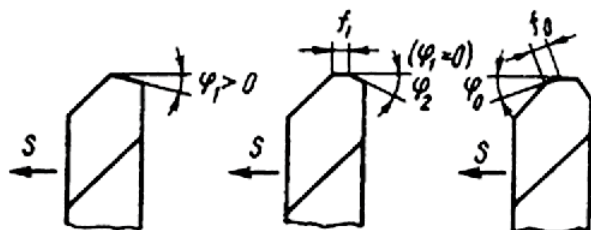


Рис. 2.26. Резцы с дополнительной режущей кромкой



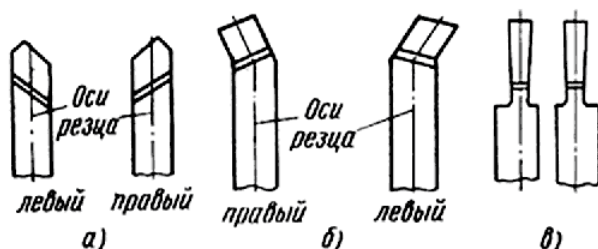


Рис. 2.27. Типы резцов:  
а – прямые; б – отогнутые; в – оттянутые

по конструкции головки – на прямые, отогнутые и оттянутые (рис. 2.27);

по роду материала – из быстрорежущей стали, твердого сплава и т. д.;

по способу изготовления – на цельные и составные. При использовании дорогостоящих режущих материалов резцы изготавливают составными: головку – из инструментального материала, а стержень – из конструкционной углеродистой стали. Наибольшее распространение получили составные резцы с пластинами из твердого сплава, которые припаиваются или крепятся механически;

по сечению стержня – на прямоугольные, круглые и квадратные;

по виду обработки – на проходные, подрезные, отрезные, прорезные, расточные, фасонные, резьбонарезные и др.

Примеры поверхностей деталей, получаемых при токарной обработке, приведены на рис. 2.28.

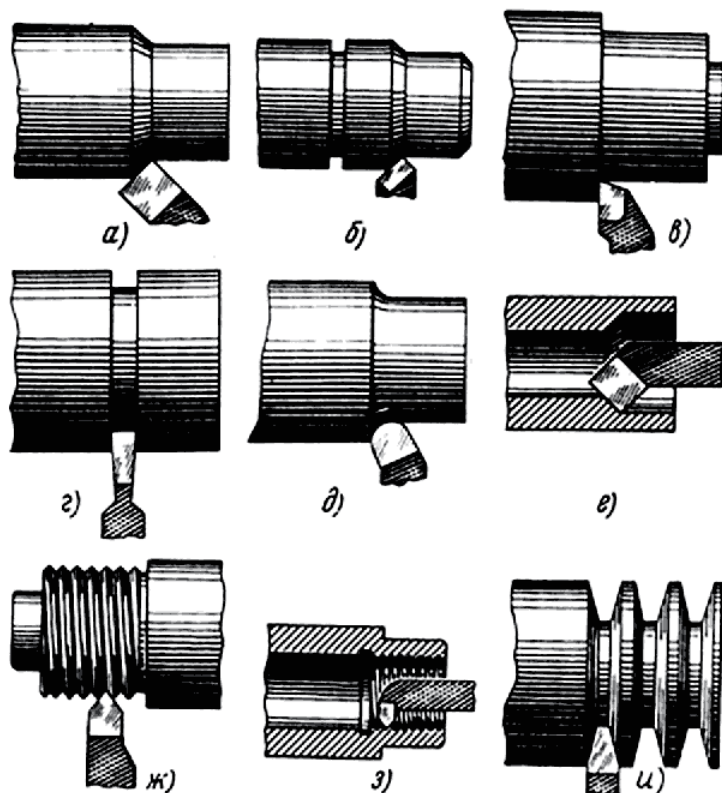
### 2.3.5. Режимы резания

*Глубина резания* определяется в основном припуском на обработку, который выгодно удалять за один проход. Однако для уменьшения усилий резания иногда необходимо снять общий припуск за несколько проходов: 60% при черновой, 20-30% при получистовой и 10-20% при чистовой обработке.

Глубина резания  $t$  равна 3-5, 2-3 и 0,5-1 мм для черновой, получистовой и чистовой обработки соответственно.

*Подача* ограничивается силами, действующими в процессе резания, которые могут привести к поломке режущего инструмента, деформации и искажению формы заготовки, а также к поломке станка.

Целесообразно работать с максимально возможной подачей. Обычно подача назначается по таблицам справочников (по режимам резания), составленным на основе специальных исследований и изучения опыта работы машиностроительных заводов. После выбора подачи из справочников ее корректируют по кинематическим данным станка, на котором будет



**Рис. 2.28. Точарные резцы для различных видов обработки:**  
а – наружное обтачивание проходным отогнутым резцом;  
б – наружное обтачивание прямым проходным резцом;  
в – обтачивание с подрезанием уступа под прямым углом;  
г – прорезание канавки; д – обтачивание радиусной галтели;  
е – растачивание отверстия; ж, з, и – нарезание резьбы наружной, внутренней и специальной

вестись обработка (выбирают ближайшее меньшее значение подачи). Подачу выбирают  $s = 0,3 + 1,5$  мм/об для черновой и  $s = 0,1 + 0,4$  мм/об для чистовой обработки.

При одинаковой площади поперечного сечения среза нагрузка на резец меньше при работе с меньшей подачей и большей глубиной резания, а нагрузка на станок (по мощности) меньше при работе с большей подачей и меньшей глубиной резания.

*Скорость резания* зависит от конкретных условий обработки, которые влияют на стойкость инструмента (время работы инструмента от переточки до переточки). Чем с большей скоростью резания допускается работа инструмента при одной и той же стойкости, тем выше его режущие свойства, тем более он производительен.

На скорость резания, устанавливаемую для инструмента, влияют его стойкость, физико-механические свойства обрабатываемого материала, подача и глубина резания, геометрия режущей части резца, размеры сечения державки резца, смазочно-охлаждающая жидкость (СОЖ), допустимый износ резца. Физико-механические свойства обрабатываемых материалов, от которых зависит их сопротивление силам резания, в значительной мере определяют скорость резания. С большей скоростью обрабатывают автоматные стали, цветные и легкие сплавы. Например, скорость резания при обработке алюминия в 5-6 раз больше, чем при обработке углеродистой конструкционной стали.

Увеличение подачи и глубины резания вызывает интенсивный износ резца, что ограничивает скорость резания. Например, при увеличении подачи в 2 раза скорость резания необходимо уменьшить на 20-25%, а при увеличении в 2 раза глубины резания скорость резания следует уменьшить на 10-15%.

Необходимая скорость резания и соответствующая ей стойкость инструмента определяются геометрией режущей части резца, режущими свойствами инструментального материала, обрабатываемостью заготовки и другими факторами. Для резцов из быстрорежущих сталей увеличение площади сечения державки позволяет повысить скорость резания, так как улучшаются условия отвода теплоты и повышается жесткость резца, а для твердосплавных резцов влияние площади сечения державки на скорость резания незначительно.

## Глава 2. Обработка деталей на станках лезвийным инструментом

При черновом точении сталей резцами из быстрорежущих сталей и обильная подача СОЖ (8-12 л/мин) повышает скорость резания на 20-30%. При чистовом точении подача СОЖ с интенсивностью 4-6 л/мин обеспечивает повышение скорости резания на 8-10%. Для твердосплавного инструмента требуется постоянное охлаждение, так как при прерывистом охлаждении могут образоваться трещины на пластине и резец может выйти из строя.

Ориентировочные значения скорости резания для инструмента из быстрорежущей стали и твердосплавного инструмента при наружном точении по стали и чугуну приведены в табл. 2.1. Ориентировочные значения параметров режимов резания для инструмента на основе эльбора-Р в зависимости от обрабатываемого материала и вида обработки приведены в табл. 2.2.

Таблица 2.1  
Значения скорости резания  
при наружном точении

Материал резца	Обрабатываемый металл	Скорость резания, м/мин, при обработке	
		черновой	чистовой
Быстрорежущая сталь Р6М5	Сталь	20-30	35-45
Твердый сплав ВК8	Чугун	60-70	80-100
Твердый сплав Т15К6	Сталь	100-140	150-200

Таблица 2.2  
Режимы резания для инструмента  
на основе эльбора-Р

Обрабатываемый материал	Вид обработки	Параметры режима резания		
		v, м/мин	s, мм/об	t, мм
Сталь закаленная, 55-67 HRC	Чистовая тонкая	80-160	0,04-0,08	0,2-0,6
Сталь закаленная, 40-60 HRC	Получистовая	80-120	0,12-0,20	1,0-2,0
	Чистовая	80-120	0,04-0,10	0,5-1,0
	Чистовая тонкая	80-120	0,02-0,06	0,1-0,3
Сталь без термообработки	Получерновая	60-80	0,20-0,40	3,0-4,0
	Получистовая	80-120	0,12-0,20	2,0-3,0
	Чистовая	120-200	0,04-0,10	6,5-2,0
	Чистовая тонкая	200-300	0,02-0,06	0,1-0,5
Чугун	Чистовая	300-500	0,02-0,04	0,05

### 2.3.6. Сверление и рассверливание при токарной обработке

Наиболее распространенным методом получения отверстий в сплошном материале при токарной обработке является сверление. Движение резания при сверлении – вращательное, движение подачи – поступательное. Перед началом работы проверяют совпадение вершин переднего и заднего центров станка. Заготовку устанавливают в патрон и проверяют, чтобы ее биение (эксцентricность) относительно оси вращения не превышала припуска, снимаемого при наружном обтачивании. Проверяют биение торца заготовки, в котором будет обрабатываться отверстие, и выверяют заготовки по торцу. Перпендикулярность торца к оси вращения заготовки можно обеспечить подрезкой торца. При этом в центре заготовки можно выполнить углубление для нужного направления сверла и предотвращения его увода и поломки.

Сверла с коническими хвостовиками устанавливают непосредственно в конусное отверстие пиноли задней бабки, а если размеры конусов не совпадают, то используют переходные втулки (рис. 2.29, а).

Для крепления сверл с цилиндрическими хвостовиками (диаметром до 16 мм) применяют сверлильные кулачковые патроны (рис. 2.29, б), которые устанавливаются в пиноли задней бабки. Сверло закрепляется кулачками 6, которые могут сводиться и разводиться, перемещаясь в пазах корпуса 2. На концах кулачков выполнены рейки, которые находятся в зацеплении с резьбой на внутренней поверхности кольца 4. От ключа 5, через коническую передачу приводится во враще-

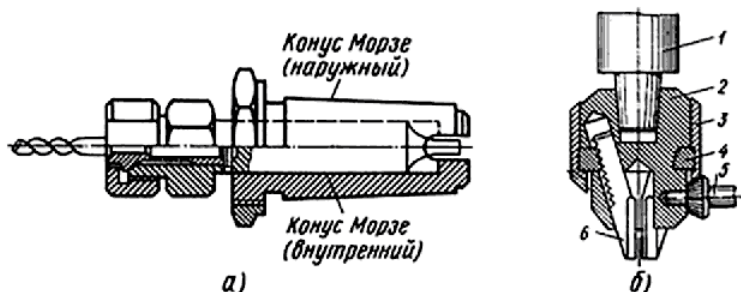


Рис. 2.29. Сверло с переходной втулкой (а), патрон (б)

ние втулка 3 с кольцом 4, по резьбе которого кулачки 6 перемещаются вверх или вниз и одновременно в радиальном направлении. Для установки в пиноли задней бабки патроны снабжаются коническими хвостовиками 1.

Перед сверлением отверстий заднюю бабку перемещают по станине на такое расстояние от обрабатываемой заготовки, чтобы сверление можно было производить на требуемую глубину при минимальном выдвигании пиноли из корпуса задней бабки. Перед началом сверления обрабатываемая заготовка приводится во вращение. Сверло плавно (без удара) подводят вручную (вращением маховика задней бабки) к торцу заготовки и производят сверление на небольшую глубину (надсверливают). Затем отводят инструмент, останавливают заготовку и проверяют точность расположения отверстия. Для того чтобы сверло не сместилось, предварительно производят центровку заготовки коротким спиральным сверлом большого диаметра или специальным центровочным сверлом с углом при вершине  $90^\circ$ . Благодаря этому в начале сверления поперечная кромка сверла не работает, что уменьшает смещение сверла относительно оси вращения заготовки. Для замены сверла маховик задней бабки поворачивают до тех пор, пока пиноль не займет в корпусе бабки крайнее правое положение, в результате чего сверло выталкивается винтом из пиноли. Затем в пиноль устанавливают нужное сверло.

При сверлении отверстия, глубина которого больше его диаметра, сверло периодически выводят из обрабатываемого отверстия и очищают канавки сверла и отверстие заготовки от накопившейся стружки.

Для уменьшения трения инструмента о стенки отверстия сверление производят с подводом смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ), особенно при обработке стальных и алюминиевых заготовок. Чугунные, латунные и бронзовые заготовки можно сверлить без охлаждения. Применение СОЖ позволяет повысить скорость резания в 1,4-1,5 раза. В качестве СОЖ используют раствор эмульсии (для конструкционных сталей), компаундированные масла (для легированных сталей), раствор эмульсии и керосин (для чугуна и алюминиевых сплавов). Если на станке охлаждение не предусмотрено, то в качестве СОЖ используют смесь машинного масла с керосином, которой поливают сверло из масленки. Применение СОЖ позволяет снизить осевую и тангенциальную силы резания на 10-35% при

сверлении сталей, на 10-18% при сверлении чугуна и цветных сплавов и на 30-40% при сверлении алюминиевых сплавов.

При сверлении напроход в момент выхода сверла из заготовки необходимо резко снизить подачу во избежание поломки сверла. Для сохранности инструмента при сверлении следует работать с максимально допустимыми скоростями резания и с минимально допустимыми подачами. Если ось сверла совпадает с осью шпинделя токарного станка, сверло правильно заточено и жестко закреплено, то обработанное отверстие имеет минимальные погрешности. У правильно заточенного сверла работают обе режущие кромки, и стружка сходит по двум спиральным канавкам.

Размеры отверстия при сверлении получаются больше заданных, если режущие кромки сверла имеют разную длину, хотя и заточены под одинаковыми углами; режущие кромки имеют разную длину и заточены под разными углами; режущие кромки имеют равную длину, но заточены под разными углами. При неправильно и недостаточно заточенном сверле получается косое отверстие с большой шероховатостью поверхности. Кроме того, при работе недостаточно заточенным (тупым) сверлом у выходной части отверстия образуются заусенцы. Неодинаковая длина режущих кромок и несимметричная их заточка, эксцентричное расположение перемычки и различная ширина ленточек вызывают защемление сверла в отверстии, что увеличивает силы трения (по мере углубления сверла в заготовку) и, как следствие, приводит к поломке инструмента.

Обрабатываемое отверстие называется глубоким, если его глубина в 5 раз больше его диаметра. При сверлении глубокого отверстия применяют длинное спиральное сверло с обычными геометрическими параметрами, которое периодически выводят из обрабатываемого отверстия для охлаждения и удаления накопившейся в канавках стружки. Для повышения производительности обработки применяют сверла с принудительным отводом стружки.

### **2.3.7. Зенкерование и развертывание при токарной обработке**

*Зенкерованием* обрабатывают отверстия, предварительно штампованные, литые или просверленные (рис. 2.30, а). При-

пуск под зенкерование (после сверления) равен 0,5-3 мм на сторону. Зенкеры выбирают в зависимости от обрабатываемого материала, вида обрабатываемого отверстия (сквозное, ступенчатое, глухое), диаметра отверстия и заданной точности. Отверстие, обработанное зенкером, получается более точным, чем обработанное сверлом. Зенкер имеет три и более режущие кромки, он прочнее сверла, поэтому сечение стружки при зенкеровании получается тоньше, а подача в 2,5-3 раза больше, чем при сверлении. Зенкерование может быть как предварительным (перед развертыванием), так и окончательным. Зенкерование применяют также для обработки углублений и торцовых поверхностей.

Для уменьшения увода зенкера от оси отверстия (особенно при обработке литых или штампованных глубоких отверстий) предварительно его растачивают (резцом) до диаметра, равного диаметру зенкера на глубину, примерно равную половине длины рабочей части зенкера.

Для обработки высокопрочных материалов ( $\sigma_b > 750$  МПа) применяют зенкеры, оснащенные пластинками из твердого сплава. При работе твердосплавными зенкерами скорость резания в 2-3 раза больше, чем зенкерами из быстрорежущей стали. При обработке материалов высокой прочности и отливок по корке скорость резания твердосплавных зенкеров следует уменьшать на 20-30 %.

Развертывание применяют в тех случаях, когда необходимо получить точность и качество поверхности выше, чем это может быть достигнуто зенкером. Развертка имеет больше режущих кромок, чем зенкер, поэтому при развертывании уменьшается сечение стружки и повышается точность отвер-

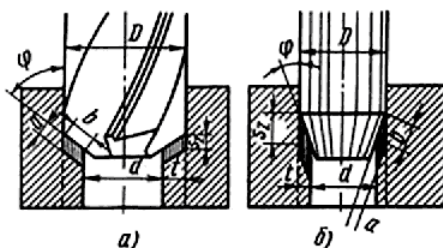


Рис. 2.30. Элементы резания при зенкеровании (а) и развертывании (б): а и б – толщина и ширина среза; S – подача; t – глубина резания



стия. Отверстия диаметром до 10 мм развертывают после сверления, отверстия большего диаметра перед развертыванием обрабатывают, а торец подрезают. Припуск под развертывание равен 0,15-0,5 мм для черновых разверток и 0,05-0,25 мм для чистовых разверток (рис. 2.30, б).

При работе чистовыми развертками на токарных станках применяют качающиеся оправки, которые компенсируют несоупадение оси отверстия с осью развертки. Чтобы обеспечить высокое качество обработки сверление, зенкерование (или растачивание) и развертывание отверстий производят за одну установку заготовки на станке. Подача при развертывании стальных деталей равна 0,5-2 мм/об, чугунных – 1-4 мм/об. Скорость резания при развертывании 6-16 м/мин. Чем больше диаметр обрабатываемого отверстия, тем меньше должна быть скорость резания при одинаковой подаче; при увеличении подачи скорость резания снижают.

### **2.3.8. Организация и обслуживание рабочего места токаря**

Рабочим местом называется участок производственной площади цеха, на котором расположен станок с комплектом приспособлений, вспомогательного и режущего инструмента, технической документации и других предметов и материалов, находящихся непосредственно в распоряжении токаря.

Оснащенность рабочего места и организация труда на нем в значительной мере определяют производительность труда токаря.

Рабочее место оснащается: одним или несколькими станками; постоянным комплектом принадлежностей к ним; комплектом технологической оснастки постоянного пользования, состоящим из приспособлений, режущего, измерительного и вспомогательного инструмента; комплектом технической документации, постоянно находящейся на рабочем месте (инструкции, справочники, вспомогательные таблицы и т. д.); комплектом предметов ухода за станком и рабочим местом (масленки, щетки, крючки, совки, обтирочные материалы и т. д.); инструментальными шкафами, подставками, планшетами, стеллажами и т. п.; передвижной и переносной тарой для заготовок и изготовленных деталей; подножными решетками, табуретками или стульями.

Комплект технологической оснастки и комплект предметов ухода за станком и рабочим местом постоянного пользования устанавливаются в зависимости от характера выполняемых работ, типа станка и принятой схемы инструментального хозяйства в цехе. Наибольшим количеством такой оснастки располагают токари, работающие в условиях единичного и мелкосерийного производства, и значительно меньшим токари, работающие в условиях серийного и крупносерийного производства. Количество такой оснастки определяет размеры, внутреннее устройство и число шкафов, тумбочек и стеллажей.

Правильная организация рабочего места – это такое содержание станка, такой порядок расположения приспособлений, инструмента, заготовок и готовых деталей, при котором достигается наивысшая производительность труда при минимальных затратах физической, нервной и умственной энергии рабочего. На рабочем месте не должно быть ничего лишнего, т. е. не используемого в работе. Все используемые при работе предметы должны иметь постоянные места хранения, а те предметы, которые используются чаще, должны располагаться ближе и в более удобных местах.

Создание условий, обеспечивающих возможность рационального использования станка, его оснащения, рабочего времени, производственных навыков и творческих способностей рабочего, является основной задачей научной организации труда на рабочем месте токаря.

Правильная организация рабочего места оказывает заметное влияние на сокращение вспомогательного времени, затрачиваемого на выполнение отдельных операций. Удобное расположение необходимых для работы инструментов и приспособлений обеспечивает производительную работу станочника при меньшей его утомляемости.

Планировка рабочего места зависит от многих факторов, в том числе от типа станка и его размеров, размеров и формы обрабатываемых заготовок, типа и организации производства и др. Чаще применяются планировки рабочего места двух типов. По первому типу планировки инструментальный шкаф (тумбочка) располагается справа от рабочего, а стеллаж для деталей – слева. Такая планировка является рациональной, если преобладает обработка заготовок с установкой в центрах левой рукой. По второму типу планировки инструменталь-

ный шкаф (тумбочка) располагается с левой стороны от рабочего, а стеллаж – с правой (рис. 2.31).

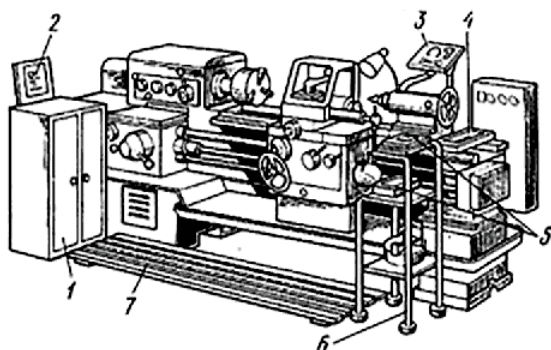
Такая планировка рабочего места удобна при установке и снятии заготовки правой рукой или двумя руками (при изготовлении длинных и тяжелых деталей).

Сохранность и готовность оборудования к безотказной и производительной работе обеспечиваются повседневным уходом за рабочим местом. Большое значение для длительной и бесперебойной работы станка имеет своевременная и правильная его смазка в соответствии с требованиями, изложенными в руководстве по эксплуатации. Смазка станка является прямой обязанностью токаря.

Периодически токарь должен производить проверку точности работы станка и его регулировку в соответствии с указаниями руководства по эксплуатации.

Плохая организация рабочего места, загроможденность рабочего места и проходов, неисправность станка и приспособлений, недостаточное знание рабочим устройства станка и правил его эксплуатации, неисправность электрооборудования и электропроводки, отсутствие ограждений и предохранительных устройств, работа неисправным инструментом, загрязненность станка и подножной решетки могут привести к несчастным случаям.

В процессе работы токарь должен быть предельно внимательным, так как станок является объектом повышенной опас-



**Рис. 2.31. Планировка рабочего места токаря:**

1 – инструментальный шкаф; 2 – планшет для чертежей;

3 – планшет для измерительных инструментов;

4 – ящик для вспомогательного инструмента;

5 – ящики для инструмента и деталей; 6 – стеллаж; 7 – решетка

ности. Для безопасной работы необходимо знать устройство всех сборочных единиц (узлов) и механизмов станка, правильно назначать режим резания, надежно крепить заготовку, применять исправный инструмент со стружколомами, защитные устройства и т. д.

Это далеко не полный перечень и правил безопасности труда. В каждом цехе имеются специальные инструкции, в которых кроме общих требований техники безопасности приведены специфические требования, характерные для цеха, в котором установлен станок. Инструктаж по правилам безопасности на каждом рабочем месте проводит мастер, в соответствии с цеховым графиком. Рациональная организация рабочего места, выполнение правил эксплуатации станка и соблюдение правил безопасности являются важнейшими условиями высокопроизводительного труда.

### **2.3.9. Правила безопасности и уход за станком**

Под безопасностью труда понимается комплекс организационно-технических мероприятий, направленных на создание безопасных условий труда. Токарь должен следить за исправностью станка, инструмента и приспособлений, поддерживать на своем рабочем месте чистоту и порядок. Беспорядок на рабочем месте не только снижает производительность труда, но и нередко является причиной несчастных случаев.

Для обеспечения длительной безопасной и бесперебойной работы на станке необходимо соблюдать определенный перечень основных правил.

*Перед началом работы:*

привести в порядок рабочую одежду с тем, чтобы исключить возможность захвата ее движущимися частями станка; убрать свободные концы косынок, платков, галстуков, манжет, концы тесемок; спрятать волосы под головной убор; нельзя работать с забинтованными пальцами;

проверить исправность станка и заземления, подготовить и расположить в определенных местах необходимые инструменты, приспособления и техническую документацию;

проверить устойчивость и размеры решетки под ногами с тем, чтобы нельзя было оступиться во время работы;

## СЛЕСАРНОЕ ДЕЛО. Механическая обработка деталей на станках

залить масло во все масленки, где предусмотрена ручная смазка, смазать ходовой винт и ходовой валик; проверить уровень масла по контрольным глазкам в коробке скоростей (подач, фартуке), резервуаре для масла и при недостатке долить масла;

проверить работу станка на холостом ходу, исправность органов управления станком, электрооборудования, наличие ограждений и крепление подвижных деталей.

Воспрещается начинать работу до устранения обнаруженных неисправностей; о замеченных неисправностях рабочий должен сообщить мастеру.

*Во время работы:*

пользоваться индивидуальными защитными приспособлениями – очками, экранами, защитными щитками;

удалять стружку с детали, станка и суппортов только крючком или щеткой при остановленном станке;

снимать или устанавливать детали в патроне, измерять их, заменять инструмент только при остановленном станке;

нельзя пытаться остановить патрон руками;

перед остановкой станка выключить сначала подачу, а затем отвести резец из зоны резания;

внимательно следить за работой станка;

оберегать направляющие станины и суппорта от повреждений;

не класть детали, инструмент и другие предметы на не предусмотренные для этого места на станке;

не переключать коробку скоростей и коробку подач на ходу;

переключать станок на обратный ход только после его остановки;

механическую подачу включать после подвода резца к детали в рабочее положение;

при работе с абразивным инструментом защищать направляющие и механизм станка от попадания абразива;

при обработке предупреждать отводом резца или остановкой суппорта образование непрерывной ленты стружки, ее спутывание и наматывание на детали станка;

не применять при работе на станке неисправные инструменты, приспособления и случайные предметы;

обязательно отключать станок при любом временном прекращении работы;

при прекращении подачи электроэнергии необходимо вывести инструмент из рабочего положения, остановить станок

и выключить рубильник станка, если не предусмотрено автоматическое отключение станка от электросети.

Если в процессе обработки заготовки замечены какие-либо отклонения, то работу следует прекратить, инструмент отвести от детали и не начинать работу, пока не будет установлена причина отклонения. Если необходимо провести работы по устранению неисправностей, то следует сообщить об этом мастеру и приступить к восстановительной работе при полностью обесточенном станке.

*После окончания работы:*

отключить станок от электросети;

очистить станок от стружки и пыли и пр.;

ветошью, смоченной в керосине, смыть со станка грязь и засохшее масло;

рабочие и обработанные поверхности станка слегка смазать маслом для защиты от коррозии;

в соответствии с требованиями паспорта станка произвести замену жидкой смазки и заполнить масленки консистентной смазкой;

в соответствии с указаниями в паспорте станка произвести проверку станка и, если необходимо, провести работы по устранению неисправностей и регулировке станка, следует сообщить об этом мастеру;

приступать к восстановительным и регулировочным работам только после разрешения мастера, соблюдая правила безопасности и строго выполняя требования паспорта станка.

## **2.4. ОБРАБОТКА НА СТРОГАЛЬНЫХ СТАНКАХ**

### **2.4.1. Основные сведения**

Строгальные станки предназначены для обработки поверхностей деталей, форма которых описана прямолинейной образующей, перемещаемой в пространстве по траектории, расположенной в перпендикулярном сечении и состоящей из сопряженных прямолинейных и криволинейных участков, уступов, пазов и других не замкнутых фигур.

В зависимости от вида выполняемых работ строгальные станки делят на станки общего и станки специального назначения.

Станки общего назначения бывают поперечно-строгальные и продольно-строгальные. Станки специального назначения –

это станки, предназначенные для выполнения конкретных видов работ (обработка лонжеронов, обработка кромок проката, обработка крупных деталей в ямах и т.д.).

Станки поперечно-строгальные выполняют обработку деталей сравнительно небольших размеров. Находят применение в механических, инструментальных и ремонтных производствах, где производят детали небольшими партиями и единичные детали, а также детали, изготовление которых экономически не оправдано на других станках по затратам на технологическую подготовку.

Станки продольно-строгальные бывают одностоечные и двухстоечные. Они выполняют обработку длинномерных, крупногабаритных и тяжелых деталей.

Основным техническим параметром, по которому классифицируют строгальные станки, является наибольший размер обрабатываемой детали по ширине.

Поперечно-строгальные станки по наибольшему горизонтальному поперечному перемещению стола образуют следующий ряд: 150, 250, 600, 750 и 850 мм.

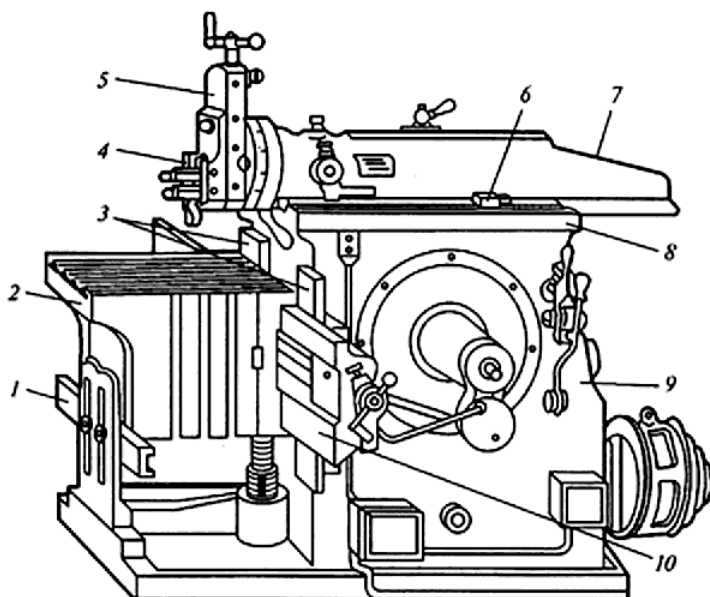


Рис. 2.32. Общий вид поперечно-строгального станка

#### 2.4.2. Устройство поперечно-строгальных станков

Основным узлом поперечно-строгального станка (рис. 2.32) является 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.

Обрабатываемую деталь закрепляют на столе, на горизонтальной и вертикальной опорных поверхностях которого для этой цели предусмотрены Т-образные пазы. Резец 4 закрепляют в резцедержателе, установленном на суппорте 5.

*Главное рабочее движение* (прямолинейное возвратно-поступательное) сообщается ползуну 7 с резцом.

*Движение подачи* при строгании горизонтальных поверхностей сообщается обрабатываемой детали, которая вместе со столом 2 перемещается по направляющим поперечины. При строгании вертикальных и наклонных поверхностей подача осуществляется перемещением суппорта 5 по вертикальным направляющим. Вертикальную подачу можно также осуществлять вертикальным перемещением поперечины 10 по направляющим 3 станины. Однако, как правило, это перемещение используется только как установочное при настройке станка в соответствии с габаритными размерами обрабатываемой детали. Вертикальным перемещением суппорта от руки производится подача резца при повторных проходах при строгании горизонтальных поверхностей и для установки резца на глубину резания в процессе настройки.

Станина представляет собой чугунный литой корпус коробчатой формы, расположенный на плите, закрепляемой болтами к фундаменту. На верхней части станины имеются плоские горизонтальные направляющие, по которым перемещается ползун 7.

На передней стенке станины расположены плоские направляющие для вертикального перемещения поперечины, на которой закреплен стол. Внутри станины находятся коробка скоростей и кулисный механизм, для монтажа и наблюдения за которыми в стенках станины имеются отверстия и люки с крышками.

На задней стенке станины установлен кронштейн, где монтируется электродвигатель. Для отвода масла, стекающего с



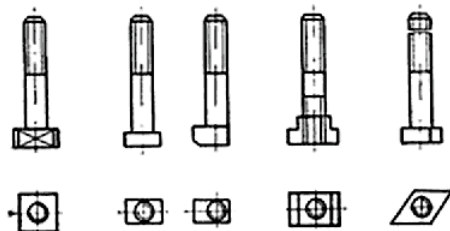


Рис. 2.33. Станочные болты и шпильки для крепления заготовок

направляющих ползуна, на задней стенке станины расположен лоток.

### 2.4.3. Приспособления для установки заготовок на столе

Для установки и крепления заготовок на поперечно-строгальных станках применяются универсальные устройства для станков, а также специальные.

*Болты и шпильки* для крепления заготовок при помощи приспособлений на станках отличаются от обычных болтов квадратной, хорошо пригнанной к Т-образному пазу стола головкой (рис. 2.33) Резьба болта должна быть полной, не изношенной, а гайка легко навинчиваться на болт. Набор болтов по длине зависит от типа обрабатываемых заготовок.

*Прихваты* (их называют также планками) (рис. 2.34) должны быть прочными и плотно прилегать к поверхности закрепляемой заготовки. У прихвата имеется продольный паз, позволяющий при ослабленной гайке перемещать прихват вправо или влево относительно крепежного болта и таким образом освободить заготовку, не отворачивая полностью гайку.

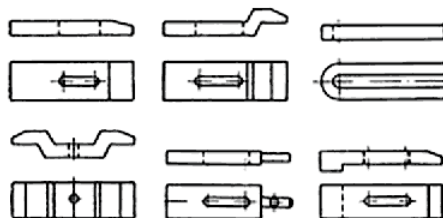


Рис. 2.34. Прихваты и скобы

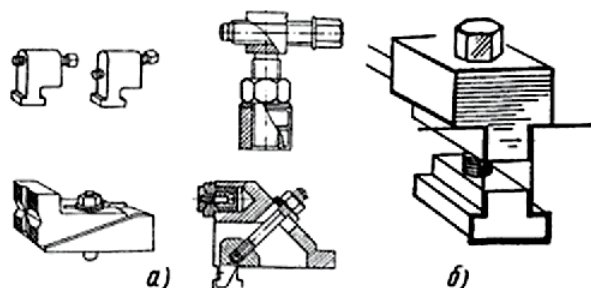


Рис. 2.35. Боковые а – прижимы (винтовые и клиновые); б – упор

Иногда прихваты делают в виде скобы, что позволяет ставить крепежный болт ближе к заготовке. Прихваты, у которых для освобождения закрепленной заготовки необходимо снимать гайку с болта, применять не рекомендуется. Следует выбирать плоский прихват, которым можно быстро и надежно закрепить заготовку.

Прижим (рис. 2.35, а) представляет собой приспособление для закрепления заготовок без выступов и выемок, за которые крепят прихватом. У заготовки, закрепленной прижимом, вся верхняя плоскость свободна для строгания. Прижимами, как правило, крепят плиты.

Упоры (рис. 2.35, б), как и прижимы, применяют для закрепления заготовок непосредственно на столе, но назначение

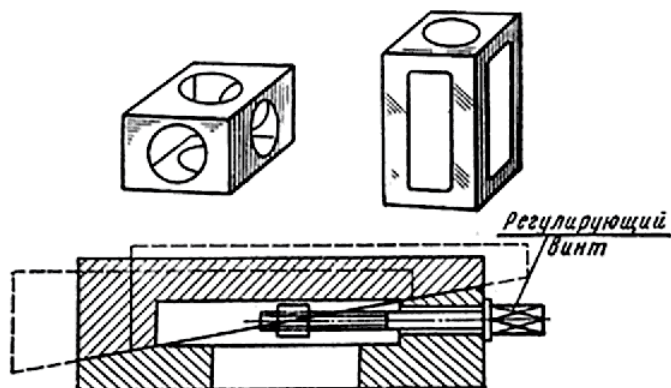


Рис. 2.36. Опоры и подкладки

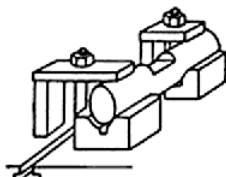


Рис. 2.37. Установки для круглых заготовок

упора несколько иное. Упоры не дают возможности заготовке переместиться в направлении главного движения, усилия которого иногда очень большие.

Крепление заготовки на столе прихватами и прижимами, но без упоров является грубейшим нарушением правил техники безопасности, ведущим к тяжелым травмам рабочего и поломкам станка.

Опоры и подкладки (рис. 2.36) всех типов применяют как опоры для прихватов, а иногда и для заготовки, если ее по каким-либо причинам нельзя установить на столе. Разновидностью такого вида опор является клиновидная подкладка, состоящая из двух клиньев, очень удобная для установки заготовок в машинных тисках.

Призмы опоры с прижимами применяют для установки круглых заготовок (рис. 2.37).

Установочные угольники (рис. 2.38) применяют для закрепления заготовок сложной формы, крепление которых на столе или в машинных тисках невозможно или сложно. Заготовку крепят на установочных угольниках прихватами, крепежными болтами или массивными струбцинами. При креплении струбцинами рекомендуется чаще проверять, не ослаблено ли крепление, что иногда происходит в процессе строгания.

Машинные тиски (рис. 2.39) применяют для закрепления заготовок небольших размеров, обрабатываемых на поперечно-стро-

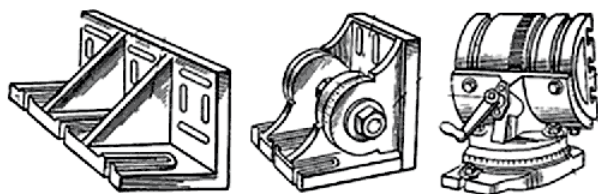


Рис. 2.38. Станочные установочные угольники

гальных станках. Тиски, в свою очередь, закрепляют на столе болтами, головки которых вводят в Т-образные пазы стола.

На поперечно-строгальных станках установку заготовок для обработки производят в машинных тисках.

Установку заготовки в тисках, закрепленных на столе, осуществляют в два этапа: устанавливают, выверяют и закрепляют тиски, затем устанавливают, выверяют и закрепляют заготовку. В зависимости от требуемой точности строгания установка и выверка тисков может производиться по-разному.

Машинные тиски устанавливают на столе и слегка закрепляют болтами, головки которых вводят в Т-образные пазы стола. После выверки установки окончательно закрепляют.

Установку тисков выверяют угольником и индикатором. В зависимости от степени точности выполняемых работ установку тисков не выверяют, если обрабатывается только одна плоскость, и индикатором, если при обработке плоскостей необходимо обеспечить требуемую точность.

При проверке тисков с поворотным кругом или универсальных тисков шкалу устанавливают в нулевое положение. После установки тисков и проверки приступают к установке заготовки и проверке. Закрепление заготовок в тисках применяют при следующих трех видах обработки (три случая):

заготовка не обрабатывалась и требуется обработать только одну плоскость до чистой поверхности без разметки;

заготовка не обрабатывалась и требуется обработать все поверхности с достаточной точностью по разметке;

заготовка частично обработана и требуется окончательная обработка с высокой точностью (указаны пределы).

В первом случае установка заготовки и проверка очень просты. Заготовку устанавливают в губки тисков и зажимают с предварительным усилием. Устанавливают резец и подводят

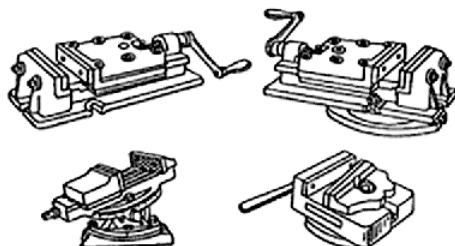


Рис. 2.39. Машинные тиски

к обрабатываемой поверхности на расстоянии 3-5 мм, затем включают станок на малую скорость и на ходу ползуна резец медленно подводят к обрабатываемой поверхности; далее останавливают станок и легкими ударами молотка по обрабатываемой поверхности выправляют положение заготовки так, чтобы ход резца был параллелен обрабатываемой поверхности. Выверив положение заготовки, ее окончательно закрепляют с усилием полной затяжки, устанавливают нормальную скорость и подачу и приступают к строганию.

Во втором случае обработка первой плоскости должна быть выполнена по разметке. Заготовку устанавливают в тиски и закрепляют с предварительным усилием, затем рейсмасом проверяют, параллельна ли линия разметки плоскости стола. Для этого рейсмас устанавливают на столе так, чтобы острый конец чертилки находился на высоте разметочной линии, нанесенной на заготовке. Установка правильна, если при движении рейсмаса острый конец ножки (чертилки) совпадает с разметочной линией по всему периметру. После проверки закрепляют заготовку с усилием полной затяжки, еще раз выверяют установку детали и приступают к обработке.

В третьем случае установку выверяют по предварительно обработанным поверхностям заготовки. Параллельность обработанных поверхностей поверхности стола проверяют линейкой, штангенциркулем, рейсмасом или индикатором в зависимости от требуемой точности изготовления детали. Перпендикулярность обработанных поверхностей поверхности стола проверяют угольником, который устанавливают одной стороной на плоскость стола, а второй прикладывают к проверяемой поверхности. При любой выверке установки заготовки поверхность стола должна быть чистой. Окончательно закрепляют заготовку при полной убежденности в том, что она установлена точно.

Используя подкладки при установке заготовки в машинных тисках, во-первых, предохраняют направляющие губок тисков от забоин и царапин и, во-вторых, путем подбора толщины подкладок регулируют высоту выступающей из губок части заготовки.

Непосредственно на столе станка устанавливают заготовки, которые из-за больших размеров или сложной формы нельзя закрепить в тисках. Количество устанавливаемых на столе заготовок определяется соотношением размеров заготовок и сто-

ла. Для крепления заготовок на столе применяют болты, прихваты, прижимы, упоры, опоры, распорки. Перед установкой заготовки стол и пазы тщательно очищают от посторонних предметов и стружки. Особенно чисто должно быть в тех пазах, в которые вводят пригнанные упоры, прижимы и головки болтов. После подготовки стола на нем располагают одну или несколько заготовок. В последнем случае их устанавливают на самом близком расстоянии друг от друга вдоль стола станка.

На каждую устанавливаемую заготовку в пазы стола в зависимости от способа крепления вводят болты, упоры, прижимы. Выбор прижимных приспособлений зависит от размеров и формы заготовки. Заготовки крепят с таким расчетом, чтобы крепежное приспособление не мешало обработке поверхности.

Если на заготовке имеются выступы или впадины, пользуясь которыми можно заготовку прижать к столу, крепление осуществляют прихватами с опорами (рис. 2.40).

На рис. 2.41 показано крепление упорами и прижимами заготовки-плиты, у которой выступов или впадин нет. Если плиту обрабатывают и с боков, ее устанавливают на подкладках, и после обработки верхней плоскости, не ослабляя боковое крепление. Допускать иное расположение боковых упоров и прижимов не следует, так как в противном случае сила, стремящаяся сдвинуть заготовку в сторону, будет противостоять не поверхности упора, а сравнительно небольшая поверхность зажимного винта, в результате крепление может ослабнуть, а в отдельных случаях может сорваться резьба прижимных винтов и произойдет сдвиг заготовки.

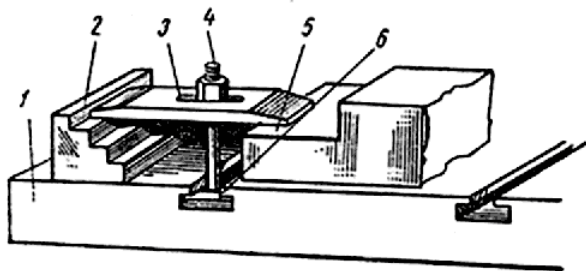


Рис. 2.40. Крепление заготовки на столе:  
1, 2 – подкладка; 3 – прихват; 4 – станочный болт с гайкой;  
5 – заготовка; 6 – станочный паз



Проверка установки заготовки непосредственно на столе осуществляется лишь по одной боковой поверхности, если заготовка не размечена. При такой проверке заготовку устанавливают с таким расчетом, чтобы ее боковая сторона была параллельна Т-образному пазу стола; это осуществляется при помощи масштабной линейки, нутромера или чертилки, закрепленной в резцедержателе суппорта станка. При необходимости проверки с большой точностью по заранее обработанной боковой стороне вместо чертилки в резцедержатель закрепляют индикатор и, подведя его наконечник к боковой поверхности, устанавливают циферблат на нулевое положение. По отклонению стрелки передвигаемого вдоль боковой поверхности заготовки индикатора судят о точности установки заготовки. Заметив отклонение стрелки индикатора от нулевого положения, легкими ударами медной или свинцовой кувалды изменяют положение заготовки. Проверка индикатором является лишь контрольной, ее осуществляют после проверки чертилками. При проверке индикатором нельзя допускать выхода индикатора из контакта с проверяемой плоскостью.

Проверка размеченных заготовок несколько сложнее, производится она в основном в продольном и поперечном направлениях. В продольном направлении проверяют заготовки установленной в резцедержатель чертилкой. Острие чертилки подводят к разметочной линии, затем, перемещая чертилку вдоль заготовки, проверяют, параллельна ли разметочная линия направлению главного движения. Если параллель-

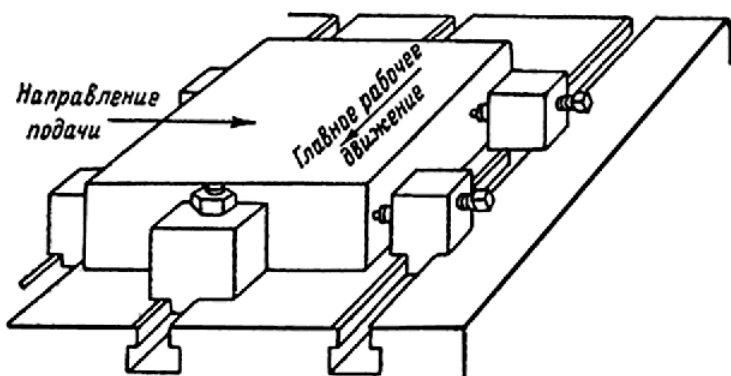


Рис. 2.41. Установка заготовки непосредственно на столе

ность нарушена, то ударами молотка или ломиком смещают заготовку в нужную сторону и, окончательно закрепив, проводят еще одну контрольную проверку. При необходимости заготовку сдвигают до тех пор, пока положение ее не будет точным.

Проверка установки заготовки в горизонтальном направлении непосредственно на столе настольно трудоемка, что предпочитают производить обработку основания заготовки перед разметкой. Это избавляет от последующей горизонтальной проверки. Но бывают случаи, когда перед установкой на столе необходимо произвести разметку. Для этого заготовку устанавливают на клиновых подкладках и проверяют рейсма-сом или чертилкой, установленной в суппорте. После контрольной проверки заготовку окончательно закрепляют.

#### 2.4.4. Процесс обработки заготовок при строгании

Основные движения при строгании на поперечно-строгальном станке показаны на рис. 2.42. Резец вместе с ползуном

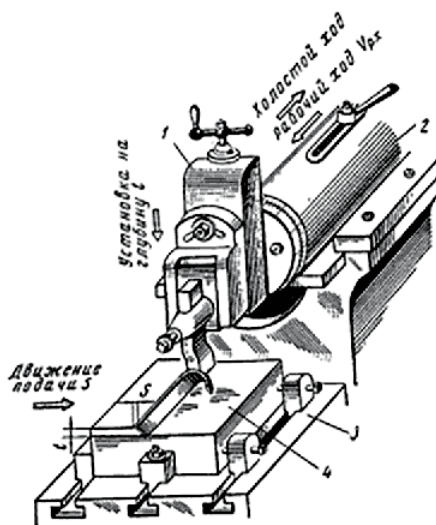


Рис. 2.42. Основные движения при строгании:  
1 – суппорт; 2 – ползун; 3 – стол; 4 – заготовка



совершает возвратно-поступательное движение со скоростью  $v_{рх}$  – рабочий ход и  $v_{хх}$  – холостой ход. Движение это характеризуется числом двойных ходов в минуту ползуна. Один двойной ход состоит из рабочего хода, при котором резец срезает слой металла сечением  $f = ts = ab$  мм<sup>2</sup>, и холостого хода, при котором резец возвращается в исходное положение.

Для того чтобы при новом рабочем ходе резец срезал новый слой металла, осуществляется подача. Таким образом, у поперечно-строгальных станков перемещение резца является главным движением – движением резания, а перемещение заготовки в поперечном направлении есть движение подачи.

#### 2.4.5. Основные сведения о строгальных резцах

Строгальный резец состоит из двух частей: головки (режущей части) и стержня (тела), служащего для закрепления резца (рис. 2.43).

На режущей части различают следующие элементы: переднюю поверхность 2, по которой сходит стружка; главную 1 и вспомогательную 6 задние поверхности, обращенные к обрабатываемой детали; главную режущую кромку 3, образованную пересечением передней и главной задней поверхностей; вспомогательную режущую кромку 5, образованную пересечением передней и вспомогательной задней поверхностей;

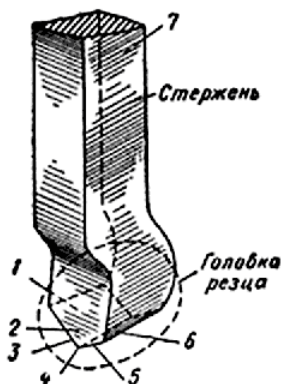


Рис. 2.43. Строгальный проходной отогнутый резец

вершину резца 4, образованную пересечением главной и вспомогательной режущих кромок.

Режущая часть (головка) резца может быть изготовлена из легированной, быстрорежущей стали и твердого сплава. По направлению подачи различают резцы правые и левые. По форме стержня – прямые, прямые с оттянутой головкой и отогнутые.

У прямых резцов (рис. 2.44, а) вершина А резца расположена выше основания. Под действием некоторой силы Р, действующей на резец при строгании, стержень претерпевает изгиб относительно точки О, при котором вершина А опишет дугу радиуса ОА. Если сила резания Р изменяется (вследствие непостоянной твердости обрабатываемого материала или же неравномерности припуска на обработку), то изгиб резца при ее возрастании увеличится и при этом, как видно из схемы на рис. 2.44, а, фактическая глубина резания увеличится на некоторую величину  $\Delta t_1$ , что вызовет еще большее возрастание силы резания и, следовательно, еще больший отжим резца.

Инструмент в этом случае работает с заеданием и может сломаться, а обработанная поверхность будет неровной, с «вырывами».

При работе изогнутого резца (рис. 2.44, б) отжим его вызовет не увеличение, а уменьшение глубины резания на некоторую величину  $\Delta t_2$ . В этом случае сила резания также несколько уменьшится, резец займет нормальное положение, и чистота поверхности не ухудшится. Изогнутые резцы предпочтительно применять при чистовом строгании.

Следует, однако, отметить и преимущества прямых строгальных резцов: при равных сечениях и вылетах жесткость прямого резца выше жесткости отогнутого на 20-30%, его мож-

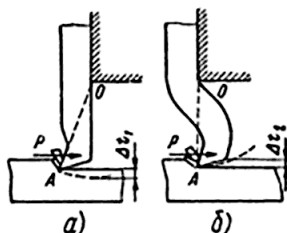


Рис. 2.44. Схемы строгания прямым и отогнутым (а) и изогнутым (б) резцами

но установить в резцедержателе с меньшим вылетом, чем отогнутый и увеличить сечение стружки.

Прямые строгальные резцы находят применение при обработке заготовок с равномерным припуском и сравнительно небольших сечениях срезаемого слоя металла.

Размеры стержня резца определяют его жесткость. Вследствие ударного характера процесса строгания (при врезании в заготовку) жесткость резца должна быть достаточно большой. Поэтому площадь сечения стержня у строгального резца заметно больше, чем у токарного.

Выбор сечения державки резца зависит от размеров обрабатываемой детали и режимов резания. Чем больше сечение срезаемого слоя металла, тем больше сила резания и тем прочнее должен быть резец.

В целях повышения жесткости резца необходимо следить за возможным уменьшением его вылета.

По типу строгальные резцы различаются в зависимости от характера обработки. При строгании открытых горизонтальных плоскостей применяют проходные резцы с главным углом в плане меньше  $90^\circ$ , а при обработке горизонтальных плоскостей, не имеющих свободного выхода инструмента в направлении подачи, — проходные с углом  $\varphi = 90^\circ$ . Черновую обра-

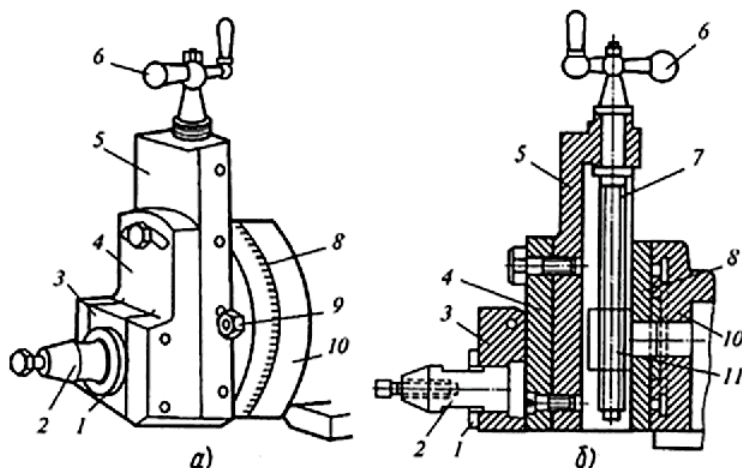


Рис. 2.45. Суппорт поперечно-строгального станка:  
а — общий вид; б — продольный разрез

ботку вертикальных поверхностей осуществляют подрезными резцами с главным углом в плане  $60-70^\circ$ , а чистовую обработку уступов – подрезными с углом  $\varphi = 90^\circ$ . При черновой и чистовой обработке наклонных плоскостей применяют отогнутые широкие резцы и резцы с радиусной вершиной для чистовой обработки. Прорезание пазов и отрезание производят прорезными резцами, а строгание пазов, расположенных на вертикальной плоскости, отогнутыми прорезными. Канавки в углах сопряжения двух поверхностей (горизонтальной и вертикальной) прорезают отогнутыми прорезными резцами.

#### **2.4.6. Установка и крепление резца**

Резец закрепляют в резцедержателе 2 с опорным кольцом 1, который располагается на откидной доске 3 суппорта.

Суппорт своими поворотными салазками 8 монтируется на передней торцовой поверхности ползуна 10 (рис. 2.45) при помощи двух болтов 9.

Наружная цилиндрическая поверхность поворотных салазок градуирована, а на ползуне нанесена риска-указатель, служащая для установки угла наклона суппорта с резцом при строгании наклонных поверхностей.

По направляющим поворотной части 8 перемещаются салазки 5, в которых смонтирован винт 7. Этот винт ввертывается в гайку 11, скрепленную с поворотной частью 8. При вращении винта 7 за рукоятку 6 салазки 5 передвигаются по направляющим поворотной части, и при этом осуществляется ручная вертикальная или наклонная подача резца. На передней стороне салазок 5 закреплена поворотная плита 4, к которой шарнирно крепится откидная доска 3.

При строгании горизонтальных поверхностей резец при обратном ходе набегаёт задней поверхностью на обрабатываемую поверхность и, поворачивая откидную доску, несколько приподнимается. Благодаря этому режущая кромка резца при обратном ходе не трется об обработанную поверхность.

При строгании вертикальных и наклонных поверхностей поворот откидной доски ещё не предотвращает трения режущей кромки об обработанную поверхность. Чтобы получить необходимый результат, поворотную доску нужно установить под углом, поворачивая её верхнюю часть в сторону от обрабатываемой поверхности.

Автоматическая вертикальная или наклонная подача осуществляется посредством храпового механизма.

#### **2.4.7. Выбор режимов резания**

Глубина, подача и скорость резания (число двойных ходов) не могут выбираться строгальщиком произвольно, так как это может привести к снижению качества обработки, ее точности, чистоты поверхностей, вызвать преждевременный износ резца, его поломку и т. п.

Назначение рационального режима резания при работе на строгальных станках заключается в выборе наиболее выгодного сочетания глубины резания, подачи и скорости, обеспечивающего в данных конкретных условиях с учетом целесообразного использования режущих свойств резца и эксплуатационных возможностей станка.

Выбор режимов резания при строгании обычно производится по справочникам с рекомендациями по выбору режимов резания и времени для технического нормирования работ на строгальных и долбежных станках с последующим согласованием их с паспортными данными станка.

Выбору режима резания должен предшествовать выбор типа резца, а также материала и геометрических параметров его режущей части.

При выборе режима резания для конкретных условий необходимо располагать паспортными данными станка, на котором производится обработка и опытом работы на данном станке.

Выбор материала режущей части резца является одним из важных факторов, определяющих режим резания. В таблицах нормативов приводятся данные по выбору марки инструментального материала в зависимости от обрабатываемого материала, характера и условий обработки. Для обработки стали и медных сплавов применяют резцы из быстрорежущей стали. Стругание чугуна целесообразно осуществлять резцами, оснащенными пластинками из твердого сплава ВК8.

Геометрические параметры режущей части резца также влияют на выбор режимов резания. В таблицах нормативов приведены рекомендуемые параметры режущей части строгальных резцов.

При заданных условиях обработки (шероховатости и точности), свойствах обрабатываемого материала, а также выб-

ранном резце (тип, сечение державки, марка материала и геометрические параметры режущей части) режим резания устанавливается в следующем порядке:

- 1) определяют глубину резания  $t$ , в мм, и число проходов;
- 2) выбирают подачу на один двойной ход резца  $s$ , в мм/дв. ход;
- 3) определяют скорость резания  $v$ , в м/мин, и число двойных ходов  $n$  резца (ползуна) или стола в минуту;
- 4) корректируют выбранный режим резания по паспорту станка;
- 5) при черновой обработке режим резания проверяют по тяговой силе, допускаемой механизмом движения ползуна или стола станка, и по мощности станка.

Глубина резания и число проходов определяются в зависимости от припуска на обработку, а также от мощности станка. При черновом строгании припуск на обработку нужно стремиться снимать за один проход. В тех случаях, когда эффективная мощность станка оказывается недостаточной, общий припуск следует снимать за два или, в крайнем случае, за три прохода.

Когда требуется получить сравнительно высокое качество поверхности и точность обработки, припуск разделяют на две части: для черновой и чистовой обработки. При строгании под последующее шлифование, а также при получистовой обработке глубина резания (для окончательного прохода) принимается не более 2 мм.

При черновой обработке величина подачи зависит от обрабатываемого материала, сечения стержня державки резца, выбранной глубины резания, а также от тяговой силы, допускаемой механизмом движения ползуна или стола станка. Для чистовой обработки подача выбирается в зависимости от заданной шероховатости поверхности.

Значения подач, рекомендуемых при черновом и чистовом строгании плоскостей и при обработке пазов и отрезке, приведены в таблицах нормативов для поперечно-строгальных станков.

Выборная подача для черновой обработки проверяется по таблицах нормативов по прочности державки и пластинки твердого сплава резца. После такой проверки подачу корректируют по паспортным данным станка (принимают ближайшее меньшее значение подачи из значащихся в паспорте).

Скорость резания устанавливается, при выбранных глубине резания и подаче, в зависимости от механических свойств обрабатываемого материала, главного угла в плане режущей части резца и периода его стойкости.

По найденной скорости резания рассчитывают число двойных ходов станка.

Для поперечно-строгальных станков число двойных ходов в соответствии с установленной по нормативам скоростью резания и длиной строгания определяется по паспорту станка.

*Пример.* Выбрать режим резания при черновой обработке на поперечно-строгальном станке детали «плита». Размеры плоскости: ширина  $B = 100$  мм и длина  $L = 450$  мм; обрабатываемый материал – сталь 45 ( $\sigma_b = 700$  Н/мм<sup>2</sup>); заготовка – поковка; припуск на обработку – 4,5 мм; масса заготовки – 12,5 кг; станок – поперечно-строгальный модели 736; поперечное сечение державки резца – 20х30 мм.

Определение режимов резания:

1. Выбираем строгальный проходной резец с пластиной из быстрорежущей стали P18. По таблице устанавливаем значения геометрических параметров резца: форма передней поверхности – плоская с фаской; ширина фаски  $f = 0,8$  мм;  $\varphi = 45^\circ$ ;  $\varphi_1 = 12^\circ$ ;  $\alpha = 6^\circ$ ;  $\gamma = 20^\circ$ ;  $\lambda = 12^\circ$ ;  $r = 2$  мм.

2. Определяем глубину резания. Весь припуск снимаем за один проход, следовательно,  $t = 4,5$  мм.

3. Подачу находим по таблице. Для обработки стали с глубиной резания  $t = 4,5$  мм резцом с сечением державки 20х30 мм  $s = 1,2-0,8$  мм/дв. ход. Корректируем подачу по паспорту станка:  $s = 1,0$  мм/дв. ход.

Полученное значение подачи проверяем по прочности державки резца. По таблице  $s = 1,4$  мм/дв. ход, т. е. подача, допускаемая прочностью державки резца, больше выбранной нами.

4. Определяем скорость резания по таблице. Для обработки поковки по корке при  $\sigma_b = 670-720$  Н/мм<sup>2</sup>,  $t$  до 4,7 мм,  $s$  до 1,1 мм/дв. ход и угле  $\varphi = 45^\circ$  скорость резания  $v = 13,5$  м/мин. Для периода стойкости  $T = 120$  мин поправочный коэффициент на скорость резания  $K_{IV} = 1$ . Следовательно,  $v = 13,5$  м/мин.

5. Согласно паспорту поперечно-строгального станка модели 736 устанавливаем число двойных ходов, предварительно подсчитав длину хода ползуна (резца):

$$H = l + l_1; l = 450 \text{ мм}; l_1 = 75 \text{ мм}; H = 450 + 75 = 525 \text{ мм.}$$

При длине хода до 550 мм и скорости 11,4 м/мин (близкой к найденной) находим  $z = 12,5$  дв. ход/мин ( $P_{ст} = 12500$  Н, а отношение скоростей рабочего и холостого ходов  $m = 0,66$ ).

6. Определяем величины силы резания. При  $\sigma_0 = 670-840$  Н/мм<sup>2</sup>, подаче  $s$  до 1,2 мм/дв. ход и глубине резания  $t$  до 4,8 мм  $P_z = 10000$  Н.

Находим поправочный коэффициент на силу резания для резца с передним углом  $\gamma = 20^\circ$  при обработке стали с пределом прочности  $\sigma_0 < 800$  Н/мм<sup>2</sup>:  $K_{\gamma P_z} = 1$ . Следовательно,  $P_z = 10000$  Н.

Сопоставляем величину силы резания  $P_z$  с максимально допустимой силой на ползуне станка  $P_{ст}$ . По паспорту станка для нашего случая  $P_{ст} = 12050$  Н. Обработка возможна, так как выполнено условие  $P_z < P_{ст}$ .

Выборный режим резания для черновой обработки проверяем по мощности, допускаемой приводом станка. По таблице определяем мощность, потребную на резание. При  $\sigma_0 = 670-840$  Н/мм<sup>2</sup>,  $t$  до 4,8 мм,  $s$  до 1,2 мм/дв. ход, скорости резания  $v$  до 12,5 м/мин  $N = 2$  кВт. Допустимая же мощность на резание зависит от мощности электродвигателя и КПД станка. Мощность электродвигателя станка  $N_{эд} = 3,5$  кВт, а к. п. д.  $\eta = 0,90$ , тогда  $N_{рез} = N_{эд} \eta = 3,5 \times 0,9 = 3,15$  кВт, что вполне приемлемо.

Коэффициент использования станка по мощности составит:

$$K_N = \frac{2}{3.15} \approx 0.64$$

#### 2.4.8. Техника безопасности при работе на строгальных станках

Для исключения несчастных случаев при работе на строгальных станках необходимо строго соблюдать требования безопасности, изложенные в руководстве станка.

Наибольшую опасность для рабочего представляют стружка и движущиеся части станка. В конце хода ползуна строгального станка стружка часто отлетает с большой скоростью. Стружка неровная и имеет зазубрины по краям и высокую температуру, поэтому, попадая на открытые части тела рабочего, такая стружка может вызвать порезы и ожоги. Особенно опасно попадание стружки в лицо и глаза. Поэтому в



## СЛЕСАРНОЕ ДЕЛО. Механическая обработка деталей на станках

целях безопасности необходимо пользоваться защитными очками.

Для предупреждения травм на пути движения стружки на станках или рядом с ними необходимо устанавливать предохранительные экраны и щитки.

Большую опасность представляют движущиеся части поперечно-строгальных станков; может произойти захват одежды, головного убора или руки и др. Для предупреждения несчастных случаев необходимо быть аккуратно одетым, предельно внимательным и не отвлекаться при выполнении работы на станке. Подвижные части станка следует ограждать предохранительными щитами, которые не мешают работе, но являются барьером для движений, которые опасны для рабочего. Ограждения устанавливаются заранее в процессе настройки станка.

Для безопасной работы на станке необходимо:

*До начала работы:*

1. Проверить исправность станка, правильность работы пускового устройства, а также устройства для переключения скоростей и подач. Необходимо убедиться в том, что самопроизвольное включение станка исключено.

2. Проверить исправность ограждения станка и защитных устройств (от стружки).

3. Убедиться в исправности подъемных устройств и крепежных приспособлений.

4. Проверить жесткость и надежность закрепления резцов и обрабатываемых деталей.

5. Плотно застегнуть спецодежду, в том числе манжеты (обшлага) рукавов, длинные волосы убрать под головной убор.

6. Надеть защитные очки.

*Во время работы:*

7. Не включать хода ползуна до выключения подачи.

8. Перед каждым включением станка убедиться, что его пуск не опасен для окружающих.

9. Подтягивание болтов и гаек, которыми закреплена деталь, а также ее измерение осуществлять при выключенном станке.

10. Не вводить рук в зону движения ползуна и не касаться рукой резцедержателя.

11. Удалять стружку со стола станка только специальной лопаткой или крючком.

12. Во время работы станка не облакачиваться на него.

13. Обо всех замеченных неисправностях незамедлительно сообщать мастеру.

14. Соблюдать правила электробезопасности и принимать меры предупреждения несчастных случаев, связанных с использованием электрической энергии.

## 2.5. ОБРАБОТКА НА СВЕРЛИЛЬНЫХ СТАНКАХ

### 2.5.1. Основные сведения

В основном производстве и на ремонтных работах в зависимости от их трудоемкости могут применяться различные сверлильные станки. В основном для этой цели используются настольно-сверлильные и одношпиндельные вертикально-сверлильные станки.

*Настольно-сверлильные станки* применяются для сверления отверстий диаметрами от 6 до 12 мм в деталях небольших габаритов.

Настольно-сверлильный станок (рис. 2.46) применяется для сверления отверстий диаметром 3-12 мм. На станине 6 смон-

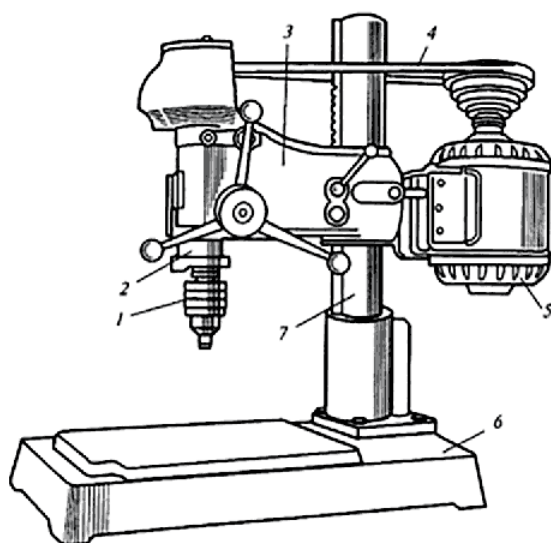


Рис. 2.46. Настольно-сверлильный станок

тирована стойка 7, по которой перемещается и затем закрепляется в нужном положении кронштейн 3, несущий шпиндель 2 со сверлильным патроном 1.

При включении электродвигателя 5 вращение с помощью клиноременной передачи 4 сообщается шпинделю. Частота вращения, передаваемая шпинделем сверлу, изменяется перемещением по высоте клинового ремня по ручьям шкивов шпинделя 2 и электродвигателя 5.

Одношпиндельные вертикально-сверлильные станки предназначены для сверления глухих и сквозных отверстий, рассвер-

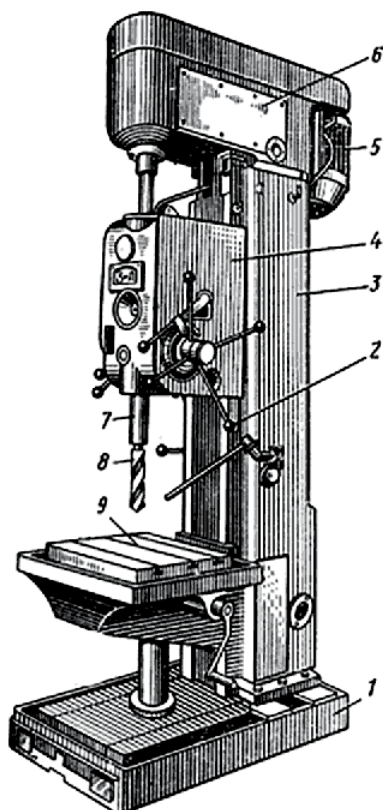


Рис. 2.47. Одношпиндельный вертикально-сверлильный станок

## Глава 2. Обработка деталей на станках лезвийным инструментом

ливания, зенкерования, развертывания, растачивания и нарезания резьбы.

На фундаментной плите 1 установлена колонна 3 коробчатой формы (рис. 2.47). В ее верхней части размещена шпindelная головка 6, несущая электродвигатель 5 и шпindel 7 с инструментом 8. На вертикальных направляющих колонны установлена шпindelная бабка 4, внутри которой размещен механизм подачи, осуществляющий вертикальное перемещение шпинделя. Поднимать и опускать шпindel можно механически и с помощью штурвала 2 вручную. Для установки и закрепления приспособления с обрабатываемыми заготовками имеется стол 9. Его можно устанавливать на различной высоте, в зависимости от размеров обрабатываемых деталей.

### **2.5.2. Сверла**

Спиральные сверла применяются для образования цилиндрических отверстий в сплошном материале и могут использоваться для увеличения диаметра имеющегося отверстия, т. е. для рассверливания, не требуют дополнительной обработки отверстий (под резьбу, зенкер, развертку и др.).

Сверла изготовляют из инструментальных углеродистых сталей У10, У10А, У12, У12А, быстрорежущих сталей Р9 и Р18, легированной стали 9ХС и твердых сплавов ВК6М, ВК8М и ВК10М. Спиральные сверла сохраняют более точно направление при сверлении за счет направляющей ленточки, имеющейся на цилиндрической поверхности.

В промышленности применяют следующие основные типы сверл: спиральные перовые, пушечные, ружейные, ступенчатые. Сверла изготовляют из быстрорежущей стали марок Р6М5, Р9К5 или оснащают пластинками твердого сплава марок ВК6М, ВК8 и ВК15.

Спиральное сверло (рис. 2.48) является наиболее распространенным типом сверл. Канавки делают винтовыми для облегчения удаления стружки из отверстия. Угол наклона канавки обычно равен 19-33°. С увеличением угла наклона канавок облегчается процесс резания, улучшается отвод стружки, но ослабляется прочность режущего клина и снижается жесткость корпуса сверла. Спиральные сверла сохраняют более точно направление при сверлении за счет направляющей ленточки, имеющейся на цилиндрической поверхности; малая величина

трения о стенки отверстия, меньшая сила резания благодаря небольшому переднему углу, длительная служба, допускают большое количество переточек.

Ими образуют отверстия, не требующие дополнительной обработки резцом (под резьбу, зенкер, развертку и на проход).

В зависимости от направления вращения спиральные сверла подразделяют на правые и левые (последние применяют реже).

Рабочая часть сверла имеет две винтовые канавки – две режущие грани (рис. 2.48). Каждая режущая часть имеет переднюю поверхность 4, заднюю поверхность 3 и режущую кромку 2. Обе грани в стыке образуют поперечную кромку 5, которая с режущей кромкой образует угол  $\psi = 55^\circ$ . Величина поперечной кромки обычно равна 0,13 диаметра.

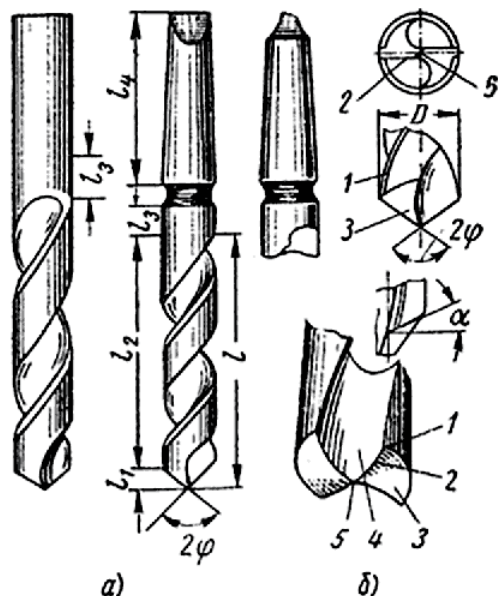


Рис. 2.48. Сверла:

- а – спиральное с цилиндрическим хвостовиком;
- б – спиральное с коническим хвостовиком;
- 1 – ленточка; 2 – режущая кромка; 3 – задняя поверхность;
- 4 – передняя поверхность; 5 – поперечная кромка;
- $l_1$  – режущая часть;  $l_2$  – калибрующая часть;
- $l_3$  – шейка;  $l_4$  – хвостовик

Калибрующая часть  $l_2$  снабжена ленточкой 1, которая направляет сверло в процессе сверления. Хвостовик  $l_4$  выполняют чаще всего коническим (для закрепления в конусе шпинделя станка) или цилиндрическим (для закрепления в патроне). На шейке  $l_3$  наносят маркировку сверла. Лапка (концевая часть сверла с хвостовиком) служит упором при выбивании сверла из гнезда патрона.

Угол между режущими кромками (угол при вершине сверла)  $2\varphi$  выполняют в зависимости от обрабатываемого материала в пределах: марганцовистая сталь – 136-150°; сталь и чугун средней твердости – 116-118°; латунь и бронза – 130-140°; эбонит, бакелит и целлулоид – 85-90°.

Угол  $\omega$  между осью сверла и развернутой винтовой линией канавки называют углом наклона винтовой канавки. Величина этого угла равна 18-45° в зависимости от диаметра сверла и шага винтовой линии. Для обработки металлов средней твердости угол  $\omega$  равен 26-30°, хрупких (бронза) – 22-25°, легких и вязких – 40-45° (рис. 2.49).

Величина спада задней поверхности  $\rho$  должна быть достаточной для обеспечения зазора между задней поверхностью и дном отверстия при любых значениях подачи сверла, но не

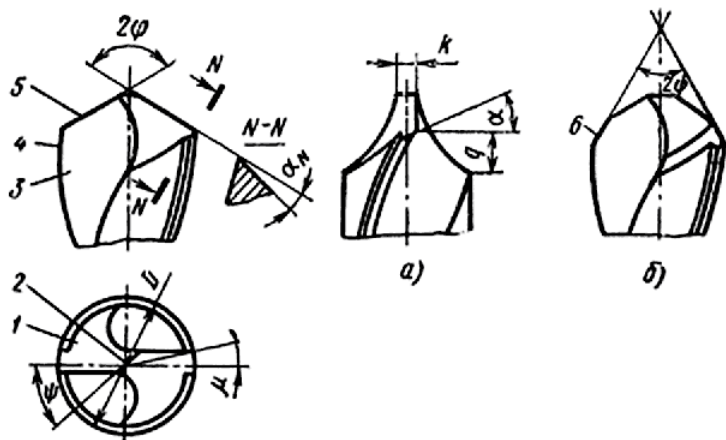


Рис. 2.49. Геометрические параметры сверла:

а – с одинарной заточкой; б – с двойной заточкой;

1 – зуб; 2 – передняя режущая кромка;

3 – передняя поверхность зуба (канавки); 4 – кромка ленточки;

5 – главная режущая кромка; 6 – переходная режущая кромка

чрезмерной во избежание снижения теплоемкости, жесткости и виброустойчивости режущего клина. Рекомендуемые значения спада  $q = (0,04 - 0,08) D$ .

Угол сверл при вершине  $2\phi$  находится между проекциями главных кромок на осевую плоскость сверла, им параллельную.

Задний угол  $\alpha$  образуется между двумя плоскостями, проходящими через главную режущую кромку. Одна плоскость касательная к задней поверхности, а другая – к поверхности вращения кромки вокруг оси сверла. Пересекая эти плоскости цилиндром диаметра  $D$ , получим задний угол  $\alpha$  в цилиндрическом сечении на периферии сверла. Нормальный задний угол заточки  $\alpha_N$  измеряется в плоскости, перпендикулярной главной кромке, и всегда меньше угла  $\alpha$  в той же точке. В чертежах и нормальных обычно задается задний угол  $\alpha$  в цилиндрическом сечении, который рекомендуется измерять на микроскопе. Однако на практике задний угол определяют визуально по величине спада задней поверхности  $q$ , что является неверным.

Значения углов  $2\phi$  и  $\alpha$  выбирают в зависимости от обрабатываемого материала.

Угол наклона поперечной кромки  $\psi$  определяется между проекциями главной и поперечной кромок на торцовую плоскость сверла. С увеличением угла  $\psi$  сокращается длина поперечной кромки и возрастает активная длина главных кромок – точность сверления повышается. С уменьшением угла наклона стойкость сверла возрастает. Рекомендуется для повышения точности сверления затачивать сверла с  $\psi = 600 \pm 5^\circ$ , а для повышения стойкости сверла – с  $\psi = 45^\circ \pm 5^\circ$ .

### 2.5.3. Режимы резания

Под *режимом резания* понимают определенное сочетание скорости резания и подачи и выбирают его с таким расчетом, чтобы сохранить инструмент от преждевременного износа и вместе с тем обеспечить наибольшую производительность.

Рекомендуемая продолжительность работы сверл разных диаметров без переточки следующая:

Диаметр сверл, в мм	5-20	25-35	Более 40
Стойкость сверл, в мин.	15	30	50-90

## Глава 2. Обработка деталей на станках лезвийным инструментом

*Скоростью резания* называют скорость наиболее удаленной от оси сверла точки режущей кромки, измеряемую в метрах в минуту, подсчитывают ее по формуле

$$v = \frac{\pi D n}{1000}, \text{ м/мин,}$$

где  $D$  – наружный диаметр сверла в мм;  $n$  – число оборотов в минуту вращающегося инструмента или шпинделя станка.

Скорость резания (м/мин) при сверлении спиральным сверлом из быстрорежущей стали различных материалов: сталь – 15-25; чугун – 12-20; латунь – 25-40; медь – 50; алюминий – 40.

Частота вращения режущего инструмента в минуту по его диаметру (в мм), исходя из выбранной скорости резания (в м/мин), определяется по формуле

$$n = \frac{1000v}{\pi D}, \text{ об/мин}$$

Например, для обработки сверлами различного диаметра из быстрорежущей стали можно пользоваться данными, полученными из практики (табл. 2.3).

*Подачей* при сверлении называют перемещение сверла вдоль оси за один оборот. Измеряют ее в миллиметрах на один оборот сверла, а также в миллиметрах в минуту.

Подача в минуту, мм/мин:

$$S_m = S_o \times n,$$

где  $s_o$  – подача за один оборот сверла в мм;  $n$  – число оборотов в минуту.

Таблица 2.3

Частота вращения режущего инструмента в минуту

Диаметр сверла, мм	До 5	6-10	11-15	16-20	20-30
Частота вращения, об/мин	1300 -2000	700-1300	400-700	300-400	200-300



Подача на один оборот сверла, мм/об:

$$S_0 = \frac{S_M}{n}$$

Сечение стружки  $F$ , снимаемой сверлом за один оборот, мм<sup>2</sup>:

$$F = 2ab,$$

где  $a$  – толщина стружки в мм;  $b$  – ширина стружки в мм.

Величина подачи зависит от физико-механических свойств материала сверла и скорости резания. Сверло работает лучше при большой скорости резания и малой подаче.

Величина подач  $S_0$  в зависимости от диаметра сверла. Например, при сверлении спиральными сверлами из углеродистой стали диаметром от 3 до 20 мм средняя величина подачи будет соответствовать от 0,1 до 0,15 мм/об.

Быстрое затупление сверла в углах режущей кромки (в начале цилиндрической части сверла) указывает на слишком большую скорость резания; затупление или выкрашивание по режущим кромкам – на слишком большую подачу.

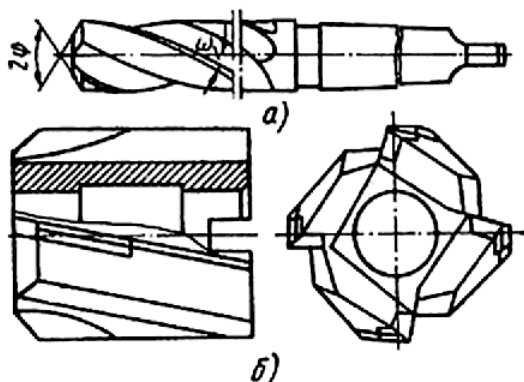


Рис. 2.50. Зенкеры:

а – цельный хвостовой; б – насадной, оснащенный твердым сплавом

Затупляются и ломаются сверла чаще всего в конце сверления сквозных отверстий (по выходе из металла). Во избежание этого необходимо в конце сверления таких отверстий уменьшать подачу.

При сверлении отверстий в различных материалах применяют охлаждающие жидкости – в основном эмульсии, для дюралюминия и чугуна – керосин с добавлением масла или эмульсии.

Закаленные стали сверлят без охлаждения, применяя сверла, оснащенные твердым сплавом ВК8. Работу ведут прерывисто, т. е. с выводом сверла из отверстия через каждые 2-5 мин.

#### **2.5.4. Зенкеры**

Зенкеры (рис. 2.50) бывают хвостовыми или насадными, цельными или со вставными зубьями, быстрорежущими или с пластинками из твердого сплава.

Особенностями зенкера по сравнению со сверлом являются наличие трех или четырех зубьев и большая жесткость. Этим достигается лучшее, чем у сверла, направление в отверстии, большая стойкость, повышенная точность обрабатываемой поверхности и производительность. Главный угол в плане режущих кромок в большинстве случаев равен  $60^\circ$ , у быстрорежущих зенкеров, работающих по стали, и у твердосплавных зенкеров делают переходную кромку с углом  $\varphi_1 = 30^\circ$  и длиной 0,3-1 мм.

Передний угол выбирают в зависимости от свойств обрабатываемого материала (для стали –  $8-12^\circ$ , для чугуна –  $6-8^\circ$ , цветных металлов –  $25-30^\circ$ ). Для правильной работы зенкера необходимо, чтобы биение главных кромок не превышало 0,05-0,06 мм. Угол наклона канавок к оси инструмента принимают в пределах  $\omega = 10-20^\circ$ . Зенкеры диаметром 10-32 мм делают хвостовыми, а диаметром 25-80 мм – насадными.

#### **2.5.5. Развертки**

Развертки (рис. 2.51) бывают ручными или машинными, хвостовыми или насадными, цельными или сборными, из стали (легированной, быстрорежущей) или с пластинками из твердого сплава.

Ручные развертки, используемые при слесарных работах, имеют угол в плане  $\varphi = 1-2^\circ$  и большую длину режущей части. Эти развертки изготавливают обычно из стали 9ХС.

Машинные развертки используют при работе на токарных, револьверных и сверлильных станках.

На переднем конце режущей части снимается заходная фаска под углом  $45^\circ$  для направления развертки в отверстие, предохранения зубьев от выкрашивания в момент входа в отверстие и снятия завышенного припуска.

Зубья на калибрующей части имеют цилиндрическую ленточку, требующую очень тщательной доводки. Передний угол у разверток обычно равен нулю и только у черновых разверток или при обработке особо вязких материалов  $\gamma = 5-10^\circ$ .

Рабочая часть развертки с кольцевой заточкой состоит из калибрующей части и нескольких кольцевых уступов, служащих для снятия припуска и направления развертки в начале работы.

Износ зенкеров и разверток (рис. 2.52) протекает по задним поверхностям, по передним поверхностям с образова-

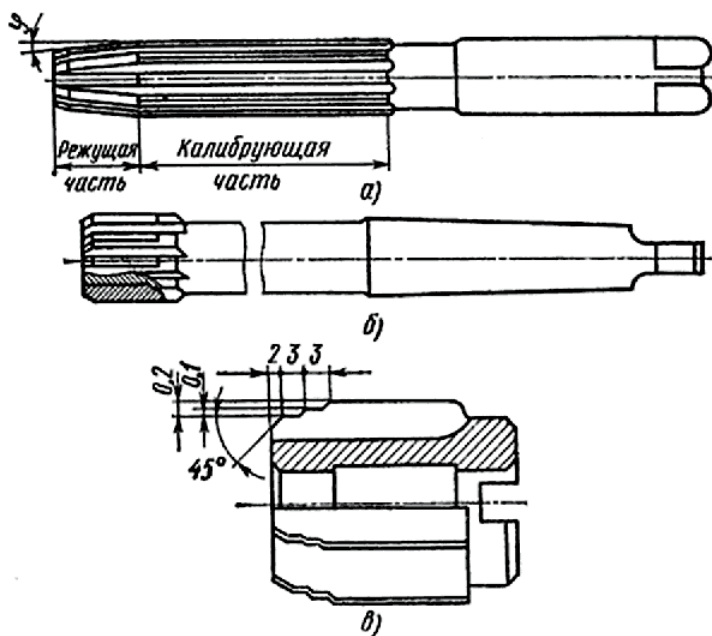
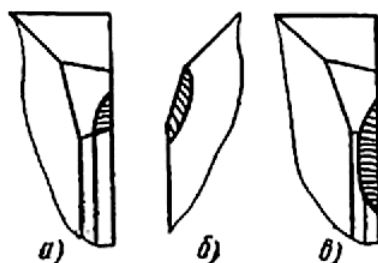


Рис. 2.51. Развертки:

- а – ручная цельная хвостовая; б – машинная цельная хвостовая;  
в – машинная цельная насадная с кольцевой заточкой



**Рис. 2.52. Износ развертки из быстрорежущей стали:**  
а – по задней поверхности; б – по передней поверхности; в – по ленточке

ем лунки и по ленточке с образованием поперечных прото-  
чин. Лимитирующим износом зенкера, определяющим наи-  
большее допустимое количество переточек, является износ  
по ленточке. Оптимальным считается  $h_n = (0,03 - 0,04) D$ .

Величина допустимого износа разверток определяется  
уменьшением точности размеров отверстия, поэтому нельзя  
допускать значительного износа разверток.

### **2.5.6. Приспособления для закрепления сверл**

Инструмент в шпинделе станка может крепиться непосред-  
ственно в конусном отверстии конусом хвостовика (рис. 2.53,  
а). Если хвостовик инструмента меньше конусного отверстия  
шпинделя, то для закрепления сверл и другого инструмента  
применяют конусные переходные втулки и различные кулач-  
ковые зажимные патроны, которые в свою очередь могут кре-  
питься на переходной оправке (рис. 2.53, б).

Передаваемая конусной втулкой мощность зависит от пло-  
щади соприкосновения внутреннего конуса с наружным и осе-  
вого давления на конус. Лапка конуса не должна участвовать  
в передаче усилия, она служит только для облегчения вытал-  
кивания сверла.

Поломка лапки является признаком недостаточно точного со-  
падения внутреннего и наружного конусов или несоответствия  
выбранного номера конуса выполняемой работе. Окно в теле  
втулки служит для выбивания из нее инструмента клином.

Переходные втулки подбирают по размерам конусов инст-  
румента.

Перед установкой сверла при помощи конусных переходных втулок протирают концами отверстие в шпинделе, наружные и внутренние части втулок и хвостовик инструмента. Затем переходные втулки соединяют вместе и насаживают на хвостовик инструмента, после чего сильным толчком руки вставляют инструмент с втулками в отверстие шпинделя.

Кулачковые сверлильные патроны применяют для закрепления сверл с цилиндрическим хвостовиком в шпинделе станка. С одного конца патроны имеют конический хвостовик для закрепления их в отверстии шпинделя, с другого – зажимное устройство с кулачками для зажима сверла. Сверло устанавливают в патроне так, чтобы оно упиралось хвостовиком в его дно (рис. 2.53, в).

Для закрепления сверл с цилиндрическими хвостовиками применяются стандартные цанговые, кулачковые и специальные быстросменные патроны (рис. 2.53, г, д).

*Цанговые патроны* (рис. 2.53, г) служат для закрепления сверл малого диаметра. В патронах этого типа инструмент зажимается в сменной конусной цанге 1 при навинчивании колпачковой гайки 2.

*Кулачковые патроны* изготавливаются с двумя (рис. 2.53, в) или с тремя кулачками, зажимающими сверло. Трехкулачковый патрон (рис. 2.53, д), в котором сверло (или другой инстру-

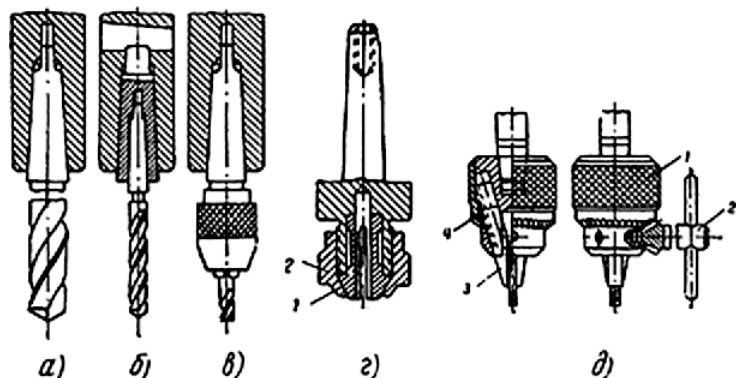


Рис. 2.53. Приспособления для зажима инструмента при сверлении:

а – в шпинделе станка, в конусном отверстии;

б – в шпинделе станка с переходными конусными втулками;

в – в шпинделе станка, в двухкулачковом патроне (в);

г – в цанговом патроне (г) и д – в трехкулачковом патроне

мент с цилиндрическим хвостовиком) закрепляется ключом 2. Кулачки 3 расположены наклонно в отверстиях корпуса и имеют резьбу, входящую в зацепление с резьбой гайки 4, жестко соединенной с обоймой 1. Вращение обоймы при помощи ключа вызывает вращение гайки 4, перемещение кулачков 3 и надежное закрепление ими инструмента.

### 2.5.7. Приспособления для закрепления изделий на станке

Для установки и закрепления изделий на столе сверлильного станка применяют машинные тиски, переставные угольники, призмы (рис. 2.54), зажимные подкладки, прихваты с болтами и другие приспособления.

Машинные (станочные) тиски (рис. 2.54, а) являются основным приспособлением для закрепления небольших изделий различных профилей. Крепят их к столу станка при помощи болтов. Имеются тиски со сменными фасонными губками для зажима деталей сложной формы.

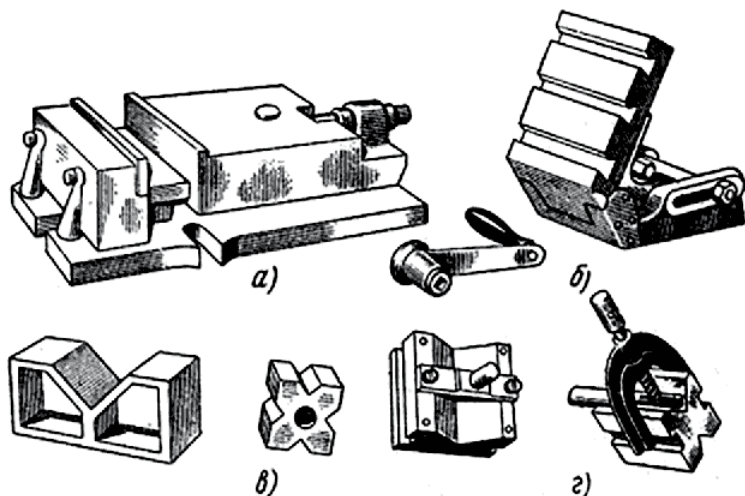


Рис. 2.54. Приспособления для закрепления изделий на станке при сверлении:

- а – машинные тиски;
- б – универсальный (переставной) угольник;
- в – призмы для установки круглых деталей;
- г – призмы с зажимными приспособлениями

*Призмы* (рис. 2.54, в, г) применяют для установки при сверлении цилиндрических изделий.

*Прихваты* служат для закрепления изделий и приспособлений на столе станка.

*Угольниками* пользуются для закрепления изделий в тех случаях, когда последние нельзя установить непосредственно на столе станка. Существуют угольники простые и универсальные (рис. 2.54, б): у простых угольников обе стороны точно обработаны, угольники имеют пазы и отверстия для крепежных болтов и прихватов. Универсальные угольники предназначены для установки изделий под разными углами к столу станка. Изделие устанавливают на подвижной верхней полке угольника и закрепляют его при помощи прихватов и болтов. Болты вводят головками в пазы на полке.

### **2.5.8. Технология и приемы сверления**

Установка и закрепление заготовок на столе сверлильного станка могут быть выполнены по-разному. Это зависит от размеров, конфигурации и массы заготовки, а также от диаметра обрабатываемого отверстия и др.

Мелкие детали при сверлении в них отверстий диаметром до 10 мм обычно закрепляют в ручных тисках или удерживают от проворота плоскогубцами. При обработке отверстий большого диаметра заготовка должна закрепляться более надежно, например, в машинных тисках. Перед установкой машинных тисков на столе станка тщательно освобождают его от стружки, очищают поверхность стола от загрязнений, протирают и смазывают маслом опорные плоскости. После проверки тисков относительно шпинделя станка крепят их к поверхности стола станочными болтами, заведенными в Т-образные пазы стола. При сверлении отверстий малого диаметра тиски можно не крепить.

Заготовки, не помещающиеся между губками тисков, закрепляют прижимными планками к поверхности стола или приспособления.

При обработке сквозных отверстий необходимо учитывать возможность выхода режущего инструмента из отверстия без повреждения поверхности стола или приспособления, или самого инструмента.



При сверлении ось сверла должна быть перпендикулярна к поверхности, на которой сверлят отверстие. Если это не обеспечено, то ось отверстия будет расположена косо и возможна поломка сверла.

Перед началом работы стол станка и опорные поверхности приспособлений нужно очищать от стружки и других посторонних предметов.

Под деталь при сверлении сквозных отверстий (рис. 2.55, а) следует подкладывать деревянную подкладку, а для точных деталей – стальное кольцо или плитку с отверстием для прохода сверла.

При сверлении отверстий на цилиндрической или наклонной поверхности так, как это показано (рис. 2.55, б, в), необходимо предварительно подготовить площадку А. Эту площадку можно выполнить фрезерованием или засверловкой перпендикулярно к поверхности и лишь после этого сверлить отверстие. Различают сверление по разметке и сверление по кондуктору.

### 2.5.8.1. Сверление по разметке

Центр отверстия накернивают кернером с углом заострения, примерно равным углу при вершине сверла. Обрабатываемую заготовку закрепляют так, чтобы центр отверстия и вершина сверла совпали.

Вначале при небольшой ручной подаче просверливают отверстие на глубину, равную примерно 1/4 диаметра сверла, и затем осматривают полученную окружность. Если полученная окружность не сместилась относительно центра разметки, то сверление продолжают. Если же центр сверления сместил-

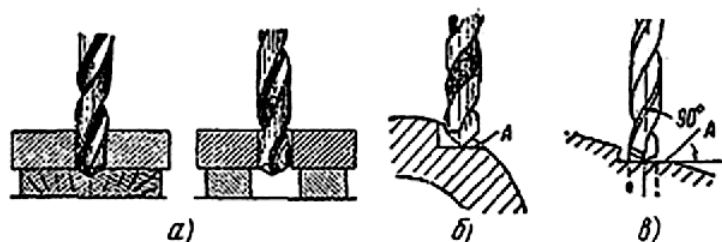


Рис. 2.55. Сверление отверстий насквозь (а), на цилиндрической (б) и наклонной поверхностях (в)



ся, то слесарным канавочником с полукруглым лезвием прорубают канавку от центра сверления в сторону, куда нужно сместить центр сверла. После этого вновь накернивают в прорубленной канавке смещенный центр отверстия и начинают сверление. При сверлении глубоких отверстий спиральным сверлом следует периодически, не останавливая станка, выводить сверло из отверстия и удалять стружку из канавок.

При сверлении необходимо охлаждать стальное сверло. Для этого достаточно окунать сверло малого диаметра в охлаждающую жидкость, когда его выводят из отверстия для освобождения от стружки. При сверлении отверстий большого диаметра охлаждающую жидкость подают в зону сверления.

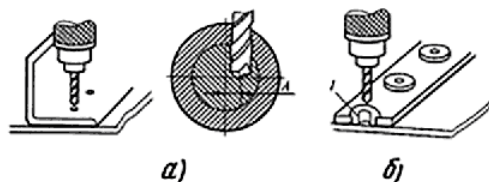
Точность сверления можно повысить примерно на 50%, если сначала просверлить отверстие сверлом меньшего диаметра, а затем – сверлом требуемого диаметра. При втором сверлении давление подачи уменьшается на 70-80%.

В конце сверления сквозного отверстия во избежание поломки и заедания сверла следует выключить автоматическую подачу и вручную аккуратно закончить сверление. Прежде чем остановить станок, необходимо вывести сверло из отверстия.

#### **2.5.8.2. Сверление по сопрягаемой детали или по кондуктору**

По разметке сверлят отверстие только в одной детали. Затем через просверленные отверстия размечают и затем накернивают отверстия в другой сопрягаемой детали, как по шаблону, либо непосредственно просверливают отверстия в другой сопрягаемой детали.

Если необходимо в цилиндрической детали просверлить отверстие, смещенное относительно центра детали, то пред-



**Рис. 2.56. Сверление отверстий по шаблону (а) и по кондуктору (б)**

варительно во втулке, которая плотно сидит на валу, сверлят смещенное на нужную величину  $A$  отверстие (рис. 2.56, а). Затем в нужном положении закрепляют вал со втулкой и через предварительно подготовленное отверстие во втулке, как по шаблону, производят сверление отверстия в валу.

В кондукторе (рис. 2.56, б) заранее расточены отверстия точно на таком расстоянии, на каком они должны быть расположены в детали. В эти отверстия кондуктора вставлены стальные закаленные кондукторные втулки с внутренним диаметром, равным диаметру сверла.

После наложения (закрепления) кондуктора на детали сверло пропускают последовательно через каждую кондукторную втулку и сверлят отверстия.

Этот способ обеспечивает более полное совпадение осей отверстий, чем при разметке.

### **2.5.9. Нарезание резьбы**

Сверлильные станки применяют для нарезания резьбы в просверленных отверстиях. На сверлильных станках, используемых для сверления с ручной подачей, обеспечить равномерную подачу при нарезании резьбы весьма сложно. Обычно при нарезании внутренней резьбы происходит захват метчиком заготовки и автоматическая подача метчика на шаг резьбы. Если учесть, что возможен уход оси отверстия от оси вращения шпинделя станка при сверлении, некруглость отверстия, неравномерная твердость материала по глубине заготовки, биение оси шпинделя станка относительно отверстия, налипание стружки на витках метчика и другие факторы, то необходимо применять патроны, которые автоматически предупреждают поломку метчика.

При нарезании резьбы выбирают скорость резания, которая зависит от обрабатываемого металла, материала метчика и наличия охлаждающей жидкости. Для диаметров резьбы 5-10 мм, при нарезании резьбы в углеродистой стали (сталь 45), метчиком из быстрорежущей стали скорость резания может изменяться от 9 до 11 м/мин. В качестве охлаждающей жидкости применяется эмульсия, различные смеси масла с керосином, а для обработки малых диаметров – технический вазелин.

**Патроны с кулачковой муфтой** (рис. 2.57, а). Величина максимального крутящего момента, на который должен быть установлен патрон, регулируется с помощью гайки 4, сжимающей пружину 3. На цилиндрической части хвостовика 5 имеется шкала, на которой указаны диаметры нарезаемых резьб. При большом крутящем моменте полумуфты 1 и 2 расцепляются, и вращение метчика прекращается.

**Патроны с фрикционной муфтой** (рис. 2.57, б). Действие патронов этого типа основано на проскальзывании фрикционных дисков при внезапном увеличении усилия резания. Вращение от шпинделя станка передается переходной втулке 1 с зажатым в ней метчиком через конусный хвостовик 5 и набор фрикционных дисков: стальных 2 и фибровых 3. Вращением нажимной гайки 4 обеспечивают необходимую силу трения между дисками. При внезапном увеличении усилия резания диски начнут проскальзывать, так как стакан 6, связанный шпонкой с гильзой 7, перестанет передавать движение метчику.

В конструкции патрона (рис. 2.57, в) вращение метчику, укрепленному в промежуточной втулке 2, передается через корпус 1, в выточке которого расположен текстолитовый диск 7, поджатый фланцем хвостовика 4. Величина нажима, определяющая максимальный крутящий момент, регулируется втулкой 5, конусная поверхность которой прижимает шарики 6 к подушке 5. На втулке 5 имеются деления для настройки крутящего момента в соответствии с диаметром нарезаемой резьбы. При превышении максимального крутящего момента диск 7 начинает проскальзывать, и вращение метчика прекращается.

**Патроны с храповым механизмом.** Эти патроны (рис. 2.57, г) отличаются большой чувствительностью к перегрузке и применяются для нарезания мелких резьб – диаметром от 4 до 8 мм. В вырезах фланца хвостовика 5 располагаются кулачки с зубьями, входящими в такой же формы вырезы на торце фланца валика 6. При превышении заданного крутящего момента пружины 3 сжимаются, фланцы хвостовика 5 и валика 6 выходят из зацепления, и метчик, закрепленный в шарнирном патроне 1, прекращает вращаться.

При перекосе осей шарнир дает возможность метчику следовать по оси отверстия, чем предотвращаются поломки метчика.

Наибольший крутящий момент устанавливается с помощью диска 4 и стакана 2, сжимающих пружины 3.

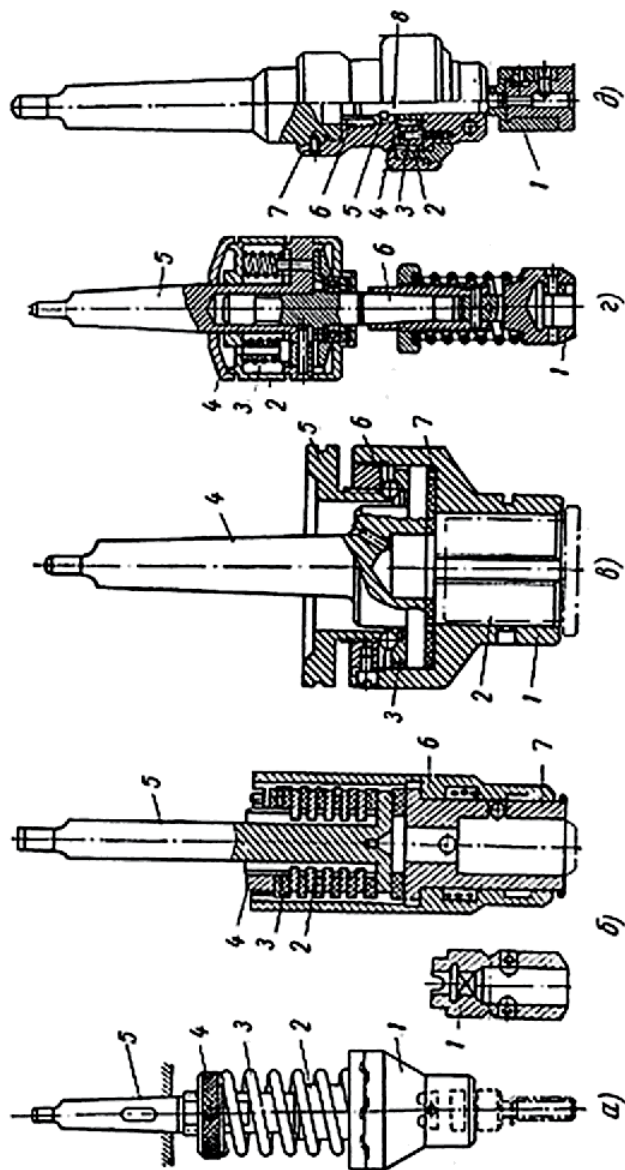


Рис. 2.57. Патроны для нарезания резьбы

**Реверсивные патроны.** При нарезании резьбы на сверлильных станках, не имеющих реверсивного вращения шпинделя, применяются реверсивные резьбонарезные патроны. Реверсивный резьбонарезной патрон (рис. 2.57, д) имеет корпус 7, в котором запрессованы штифты 6. Через паразитную шестерню 3 смонтированная в корпусе шестерня 2 сцеплена с шестерней 4, которая имеет на торце два кулачка и установлена на шпинделе. При нарезании резьбы шпиндель получает правое вращение, соединяясь с корпусом через шпонку 5 и штифт 6.

При подъеме шпинделя станка метчик получает левое вращение вследствие того, что шпонка входит в зацепление с торцовым кулачком шестерни 4, при этом скорость левого вращения в 2 раза больше скорости правого вращения.

Метчики зажимаются в закрепленном на шпинделе патроне 1.

## **2.6. ОБРАБОТКА НА ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКАХ**

### **2.6.1. Основные сведения о процессе фрезерования**

Фрезерование является одним из самых распространенных видов механической обработки и используется для черновой, получистовой и чистовой обработки простых и фасонных сталей, чугунов, цветных металлов и пластмассовых поверхностей деталей.

Фрезерование отличается от точения тем, что обработку поверхности заготовки осуществляют вращающимся многозубым инструментом – фрезой. Форма режущей кромки фрезы зависит от формы обрабатываемой поверхности (рис. 2.58). Фрезерованием обрабатывают плоскости, пазы, уступы, фасонные поверхности и даже тела вращения. В зависимости от вида обработки применяют различные фрезы.

На фрезерных станках можно также производить обработку деталей сверлом, зенкером, разверткой и другим инструментом, работающим при вращении.

В зависимости от размеров заготовки и способа ее обработки стол станка или режущий инструмент может изменять

свое положение в пространстве перемещением в горизонтальной и вертикальной плоскости.

### 2.6.2. Классификация фрез

На рис. 2.58 представлены типы фрез и обрабатываемые ими характерные поверхности.

**Цилиндрическая и торцовая** фрезы предназначены для обработки плоскостей.

**Дисковые** фрезы (пазовую, двустороннюю и трехстороннюю) применяют для фрезерования пазов, уступов и боковых плоскостей.

**Прорезные (шлицевые) и отрезные** фрезы служат для прорезания шлицев в головках винтов, прорезания различного рода узких пазов и для разрезки материалов.

**Концевую** фрезу применяют для обработки пазов, уступов и плоскостей шириной  $B \leq 0,8D$  ( $D$  – диаметр концевой фрезы).

**Угловые** фрезы используют главным образом для фрезерования стружечных канавок режущих инструментов, а также скофов.

**Фасонные** предназначены для фрезерования различного рода фасонных поверхностей.

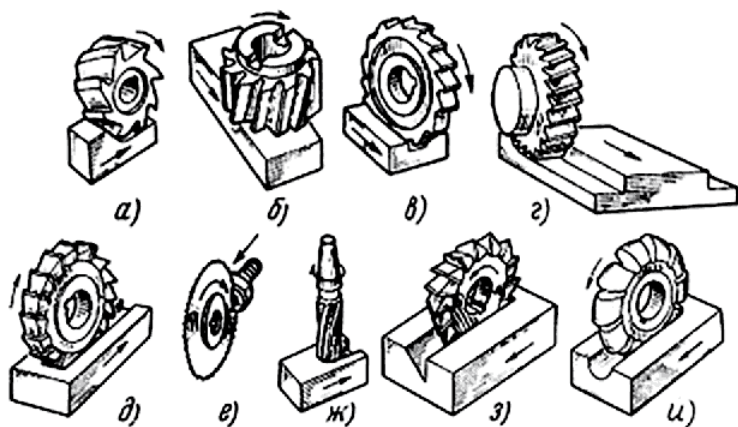


Рис. 2.58. Типы фрез:

а – цилиндрическая; б – торцовая; в, г, д – дисковые; е – прорезная;  
ж – концевая; з – угловая; и – фасонная

В производстве могут найти применение различные фрезы, которые можно свести к следующим двум группам: фрезы цельные (с цельной, напаянной или сварной неразъемной рабочей частью) и фрезы сборные, с механическим креплением режущих пластинок, ножей и др. в корпусе фрезы (рис. 2.59, в).

Фрезы, имеющие посадочные отверстия для установки на оправку, называются *насадочными*, фрезы, имеющие цилиндрические или конические хвостовики, называются *хвостовыми*. Фрезы изготовляют из быстрорежущих сталей или оснащают пластинками из металлокерамических твердых сплавов.

### **2.6.3. Конструкция фрез**

Цилиндрические фрезы диаметром до 90 мм, торцовые насадные фрезы диаметром до 110 мм, а также дисковые трехсторонние с мелким зубом, дисковые пазовые, угловые, фасонные, отрезные, прорезные, концевые и шпоночные фрезы изготовляют цельными.

Концевые и шпоночные фрезы из быстрорежущей стали диаметром более 10 мм изготовляют сварными, рабочую часть фрезы из инструментальной стали сваривают встык с хвостовиком из конструкционной стали 40Х или 45.

Цилиндрические, торцовые насадные и дисковые фрезы диаметром выше 75 мм и торцовые фрезерные головки изготовляют со вставными зубьями.

Фрезы, оснащенные пластинками твердого сплава, изготовляют как с вставными ножами, так и с припаянными пластинками.

#### **2.6.3.1. Форма и углы зубьев фрезы**

По форме зубьев различают фрезы с остроконечными и затылованными зубьями.

Обычно цельные фрезы изготовляют с остроконечными зубьями, а фасонные – с затылованными.

Для обеспечения высокопроизводительного процесса резания зубья фрезы имеют заданную геометрию (передний угол  $\gamma$ , задний угол  $\alpha$ , угол заострения  $\beta$ , угол резания  $\delta$ , углы в плане и др.). На рис. 2.59 (а, б) показаны элементы поверхности и геометрические параметры цилиндрических фрез.

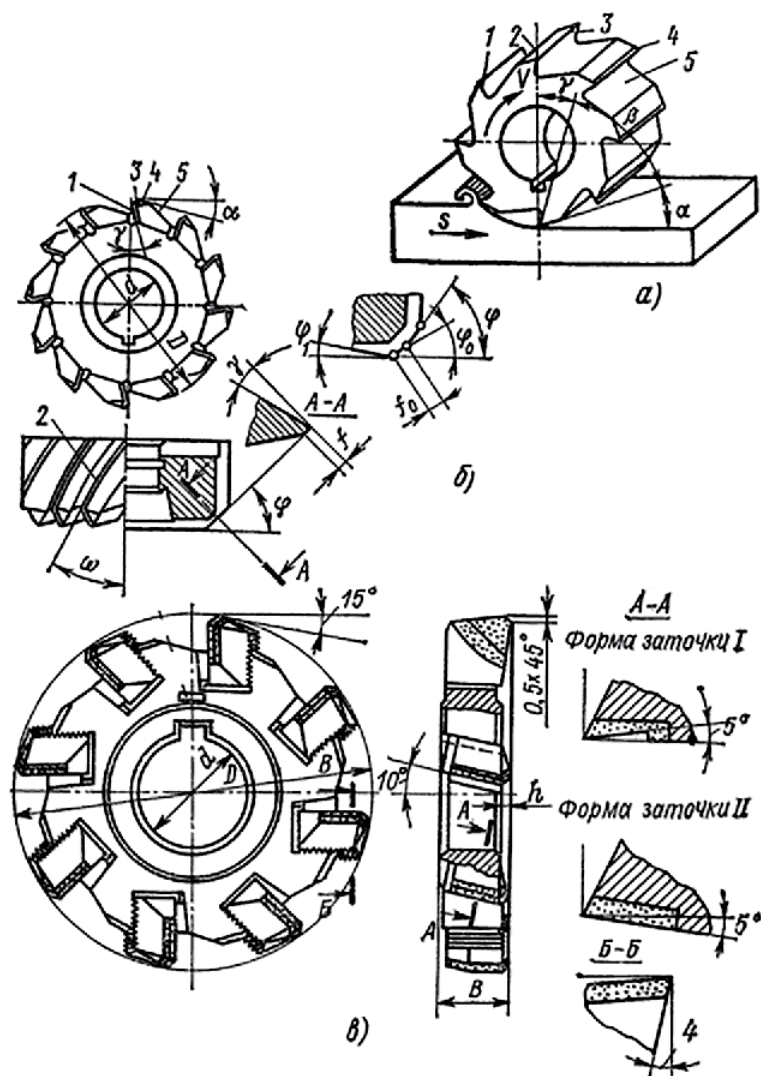


Рис. 2.59. Элементы поверхности и геометрические параметры цилиндрической фрезы с прямыми (а), винтовыми (б) зубьями, со вставными твердосплавными ножами (в)



Передняя поверхность 1 зуба – это поверхность, по которой сходит стружка.

Задняя поверхность 2 зуба – поверхность, соприкасающаяся с поверхностью резания.

Режущая кромка (лезвие) 3 – кромка, образованная пересечением передней и задней поверхностей. Режущая кромка в отдельных случаях может иметь ленточку 4, ширина которой определяется назначением и условиями работы фрезы.

Впадина 5 – выемка для размещения и выхода стружки.

Передний угол  $\gamma$  – угол между касательной к передней поверхности зуба и нормалью, соединяющей режущую кромку с осью фрезы (рис. 2.59, а).

Задний угол  $\alpha$  – угол между касательной к задней поверхности и осевой плоскостью (обработанной поверхностью).

Угол заострения  $\beta$  – угол между передней и задней поверхностями.

Главный угол в плане  $\varphi$  на угловой кромке – угол между проекцией угловой кромки на осевую плоскость и направлением подачи.

Главный угол в плане  $\varphi_0$  на переходной кромке – угол между проекцией переходной кромки на осевую плоскость и направлением подачи.

Вспомогательный угол в плане  $\varphi_1$  – угол между проекцией торцевой кромки на осевую плоскость и направлением подачи.

Угол наклона винтового зуба  $\omega$  – угол между винтовой кромкой, полученной при ее разворачивании, и осью фрезы.

Величина ленточки на режущей кромке  $f$ .

Величина переходной режущей кромки  $f_0$ .

### **2.6.3.2. Форма и число зубьев фрез**

Фрезы общего назначения выполняются с остро заточенной задней поверхностью. Спинка зуба может быть одноугловой, двухугловой и криволинейной (рис. 2.60).

Одноугловая форма наиболее проста и технологична и применяется на торцевых зубьях цельных фрез, на зубьях фрез малых размеров и фасонных фрез.

Двухугловая форма обеспечивает большую прочность зуба. С такой формой изготавливают дисковые фрезы, а также фрезы, оснащенные твердым сплавом.

Криволинейная форма зуба применяется на концевых фреззах, где очень важно обеспечить высокую прочность зуба при достаточно большом объеме стружечных канавок.

Высота зубьев  $h$  и радиус впадин  $r$  – важные размерные параметры фрез, влияющие на прочность зуба, количество допустимых переточек и на размещение стружки во впадине. Для нормального размещения стружки при обработке конструкционных сталей должно соблюдаться следующее условие:

$$r \geq \sqrt{S_z l}.$$

Стандартные фрезы выполняются с нормальным (мелким) и крупным зубом. Параметры  $h$  и  $r$  этих фрез соответствуют назначению и рекомендуемым режимам резания. Фрезы с нормальным зубом имеют меньшие значения  $h$  и  $r$ , чем фрезы с крупным зубом, и поэтому обычно предназначены для работы на более легких режимах резания. Благодаря большому числу зубьев производительность их выше. Фрезы с крупным зубом применяются при обработке глубоких пазов, уступов и плоскостей в деталях из цветных металлов и алюминиевых сплавов, когда требуется большая вместимость стружки в стружечных канавках, а также при обработке стали на нежестких станках и при недостаточной мощности главного привода.

Поскольку число зубьев влияет на производительность (минутную подачу  $S_{мин}$ ), то минимальное число зубьев должно быть таким, чтобы при заданной глубине резания в работе постоянно находилось не менее двух-трех зубьев и тем самым была обеспечена плавность процесса фрезерования.

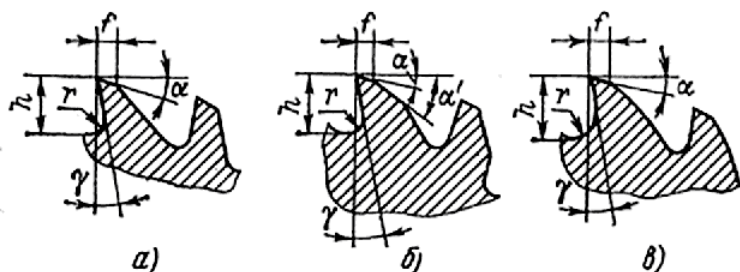


Рис. 2.60. Формы спинки зуба цельных быстрорежущих фрез

Особенно важно это условие при работе твердосплавными фрезами, так как неравномерность процесса резания может привести к выкрашиванию режущих кромок.

### **2.6.3.3. Влияние геометрических параметров фрез на процесс резания**

Влияние в основном такое же, как и других видов инструментов, и соответствует общим законам теории резания.

**Величина переднего угла  $\gamma$**  влияет на характер деформации срезаемого слоя, усадку стружки, прочность режущего лезвия (рис. 2.60, а). Наличие переднего угла  $\gamma$  облегчает образование и сход стружки (уменьшается работа, затрачиваемая на пластическое деформирование срезаемого слоя и трение по передней поверхности зуба). При большем значении  $\gamma$  процесс резания протекает легче, меньше температура в зоне резания и возникающие силы, но менее прочна режущая кромка. С уменьшением  $\gamma$ , наоборот, возрастают усилия и температура резания, однако упрочняется режущая кромка. В связи с этим основным критерием для назначения переднего угла является обрабатываемый материал, его пластические и прочностные свойства.

**Величина главного заднего угла  $\alpha$**  для фрез принимается несколько большей, чем для резцов, что обусловлено худшими условиями трения и износа со стороны задней поверхности зуба. Назначение заднего угла рекомендуется производить в зависимости от толщины срезаемого слоя  $a_{\max}$  (рис. 2.60). При  $a_{\max} > 0,08$  мм  $\alpha$  выбирают в пределах  $12-15^\circ$ , при  $a_{\max} < 0,08$  мм –  $18-20^\circ$ . Меньшие значения  $\alpha$  принимаются для более прочных обрабатываемых материалов.

**Величину вспомогательного заднего угла  $\alpha_1$**  для цельных фрез из быстрорежущей стали и для фрез с напайными пластинами из твердого сплава принимают в пределах  $\alpha_1 = 8-10^\circ$ , а для торцовых фрез с механическим креплением многогранных пластин величину  $\alpha_1$  обеспечивают установкой пластин в корпусе.

**Величина главного угла в плане  $\phi$**  влияет на ширину  $B$  и толщину  $t$  срезаемого слоя, величину и соотношение составляющих усилий резания, прочность вершины зуба, что в свою очередь определяет стойкость инструмента и производительность обработки. С уменьшением угла в плане увеличивается

активная длина режущей кромки, участвующей в работе (ширина  $B$ ), но уменьшается толщина срезаемого слоя  $t$  (рис. 2.60). Стойкость при этом повышается, а если стойкость оставить постоянной, то можно увеличить подачу или скорость резания, тем самым увеличив производительность обработки. Установлено, например, что изменение угла в плане  $\varphi$  с  $90^\circ$  до  $45^\circ$  повышает стойкость примерно в 2 раза, а до  $30^\circ$  – в 4 раза.

В связи с тем, что с уменьшением угла в плане  $\varphi$  увеличиваются усилия резания, работу фрезами с малыми углами  $\varphi$  рекомендуется проводить на станках высокой жесткости при небольшой глубине срезаемого слоя.

Угол  $\varphi$  может изменяться не на всех фрезах. Концевые, дисковые, пазовые и другие фрезы имеют угол  $\varphi = 90^\circ$ . В связи с этим упрочнение режущей кромки на вершинах зубьев этих фрез может быть достигнуто заточкой переходной режущей кромки (фаски  $f$ ) под углом  $\varphi_1$ , который может быть равен  $30^\circ$  или  $45^\circ$ . Такую же фаску с  $\varphi_1 < \varphi$ , для повышения стойкости инструмента, затачивают на торцовых фрезах, имеющих угол  $\varphi = 60^\circ$  и более.

**Величина вспомогательного угла в плане  $\varphi_1$**  в основном влияет на прочность режущей вершины зубьев и шероховатость обработанной поверхности. Обычно он не превышает  $10^\circ$ . Для обработки углеродистых и легированных конструкционных сталей и чугуна твердосплавными фрезами рекомендуется  $\varphi_1 = 2-5^\circ$ , для обработки нержавеющей и жаропрочных сталей –  $\varphi_1 = 10^\circ$ . Значение угла  $\varphi_1$  для концевых фрез принимается в пределах от  $1^\circ$  до  $4^\circ$ .

С целью повышения шероховатости обработанной поверхности на торцовых зубьях рекомендуют затачивать зачистную кромку шириной, превышающей значение подачи на оборот фрезы с углом  $\varphi_1 = 0^\circ$ .

**Угол наклона зубьев  $\omega$** . Выполнение зубьев по винтовой линии или с наклоном к оси фрезы под углом  $\omega$  обеспечивает плавность их врезания в снимаемый слой металла и равномерность фрезерования. Кроме того, наклон зубьев увеличивает фактический передний угол фрезы, измеряемый в направлении схода стружки при сохранении прочности зубьев, что облегчает процесс резания и способствует повышению стойкости инструмента. Так, с изменением угла наклона зубьев от  $10^\circ$  до  $60^\circ$  стойкость фрезы возрастает в 3-5 раз. Особенно эффективно применение фрез с большими углами  $\omega$  для

обработки легких сплавов, нержавеющей и жаропрочных сталей. По направлению зубьев различают фрезы с прямыми и винтовыми зубьями. Фрезы с винтовыми зубьями могут быть с правыми винтовыми канавками (праворежущими) и с левыми винтовыми канавками (леворежущими).

#### 2.6.4. Основные виды и схемы фрезерования

Различают два основных вида фрезерования: **тангенциальное** (рис. 2.61, а), когда ось вращения фрезы располагается параллельно обрабатываемой поверхности, и **радиальное** (рис. 2.61, б), при котором ось вращения фрезы перпендикулярна обрабатываемой поверхности.

Чаще всего плоские поверхности обрабатывают цилиндрической (рис. 2.61, а) или торцевой фрезой (рис. 2.61, б). При цилиндрическом фрезеровании плоскостей ось фрезы параллельна обрабатываемой поверхности; работа производится зубьями, расположенными на цилиндрической поверхности фрезы. При торцовом фрезеровании плоскостей ось фрезы перпендикулярна обработанной поверхности; в работе участвуют зубья, расположенные как на цилиндрической, так и на торцевой поверхности фрезы, например при обработке уступов.

Как цилиндрическое, так и торцовое фрезерование может осуществляться двумя способами: против подачи, так называ-

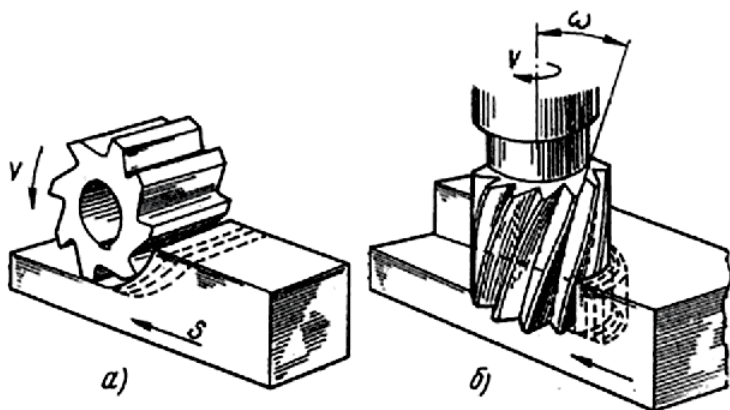


Рис. 2.61. Виды фрезерования

емое встречное фрезерование, когда направление подачи противоположно направлению вращения фрезы (рис. 2.62, а), и попутное фрезерование (рис. 2.62, б), когда направление подачи совпадает с направлением вращения фрезы.

При встречном фрезеровании нагрузка на зуб увеличивается постепенно, резание начинается в точке 1 и заканчивается в точке 2 с наибольшей толщиной срезаемого слоя стружки ( $a_{max}$ ). При попутном фрезеровании зуб фрезы начинает обработку со срезаания слоя стружки с наибольшей толщины.

При обработке заготовок с черновой поверхностью попутное фрезерование применять не следует, так как врезание зуба фрезы в твердую корку поверхности заготовки вызывает преждевременный износ режущих кромок и выход из строя фрезы.

При фрезеровании заготовок с предварительно обработанными поверхностями попутное фрезерование имеет преимущества перед встречным: увеличивается стойкость инструмента и улучшается качество обработанной поверхности. Попутное фрезерование следует производить на станках, обладающих достаточной жесткостью и виброустойчивостью, а также без зазора в сопряжении ходовой винт – гайка. При попутном и встречном фрезеровании можно работать при движении стола в обоих направлениях, что позволяет выполнять черновое и чистовое фрезерование за одну операцию. Цилиндри-

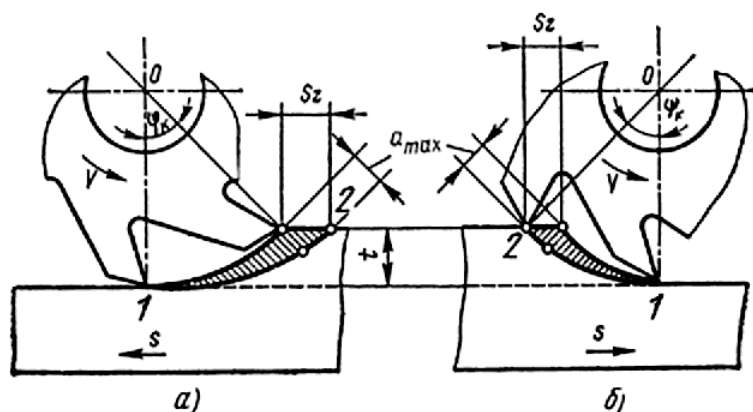


Рис. 2.62. Схемы фрезерования

ческие фрезы широко применяют в единичном и серийном производстве.

Торцовые фрезы имеют ряд преимуществ по сравнению с цилиндрическими. Они обеспечивают равномерное фрезерование даже при небольших припусках на обработку, так как угол контакта фрезы с заготовкой зависит только от диаметра фрезы и ширины заготовки. Длина дуги контакта в этом случае больше, чем при фрезеровании цилиндрическими фрезами. Установка торцовой фрезы непосредственно в шпиндель станка исключает необходимость в применении длинных и недостаточно жестких оправок, неизбежных при работе цилиндрическими насадными фрезами, и позволяет использовать фрезы диаметром до 800-1000 мм и более.

Инструментальная промышленность выпускает торцовые фрезы нескольких типов. Стандартные торцовые фрезы диаметром 630 мм позволяют обрабатывать плоскости шириной более 400 мм. В практике встречаются фрезы диаметром 800-1200 мм, что повышает пределы ширины фрезерования примерно до 800 мм.

Одновременную обработку несколькими фрезами производят набором фрез или многшпиндельными головками, а также на специальных фрезерных станках.

Фрезеровка набором фрез применяется в основном на горизонтально-фрезерных станках. В набор могут входить раз-

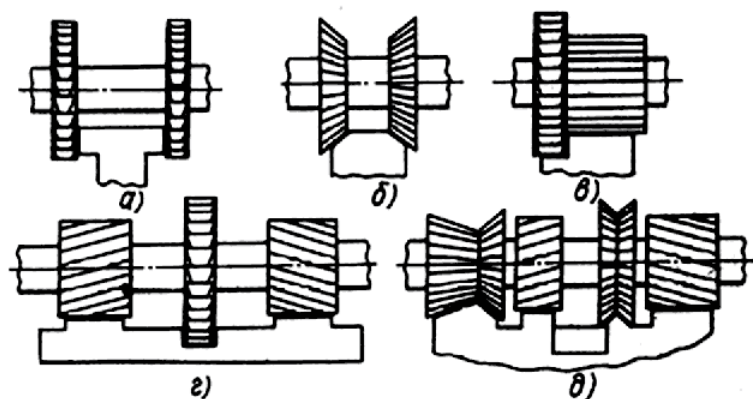


Рис. 2.63. Набор фрез



личные дисковые фрезы (рис. 2.63, а), угловые (рис. 2.63, б), цилиндрические и дисковые (рис. 2.63, в и г), цилиндрические, угловые и фасонные (рис. 2.63, д).

Наборы фрез монтируются непосредственно на оправках или, при необходимости, на переходных втулках, которые закрепляются на оправках. Оправки могут быть центровыми или с поддерживающей втулкой (рис. 2.64).

Фрезерную оправку с набором фрез устанавливают на базирующий центр или на втулку подвески станка.

Набор фрез, по существу, представляет собой специальный инструмент. При работе набором фрез не представляется возможным использовать каждую из них наиболее рациональным способом, так как при принятой скорости резания частота вращения должна назначаться по фрезе наибольшего диаметра, а подача – по фрезе с наименьшим числом зубьев.

При составлении набора необходимо учитывать, чтобы осевая сила была уравновешена путем правильного сочетания установки фрез с винтовыми зубьями. Неуравновешенную часть составляющей силы резания следует направить в сторону шпинделя станка.

При подготовке к работе с набором фрез необходимо учитывать жесткость системы и мощность станка и стремиться применять фрезы возможно меньшего диаметра при возможно большем диаметре оправки. При необходимости для повышения жесткости системы следует устанавливать дополнительную опору (вторую серьгу на хоботе станка).

При обработке набором фрез не только повышается производительность и возрастает точность фрезерования, но и лучше используется мощность станка.

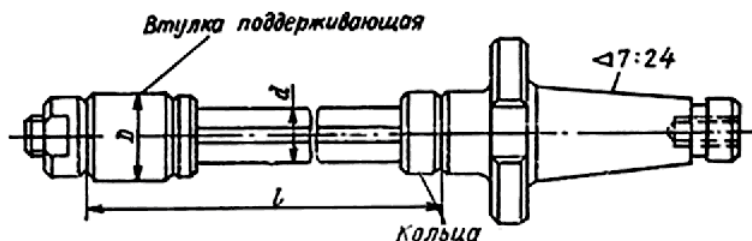


Рис. 2.64. Оправка с поддерживающей втулкой



### 2.6.5. Элементы режимов резания

Фрезерование обеспечивает высокую производительность обработки, позволяет получать поверхности правильной геометрической формы, а также с применением фрез, оснащенных современными режущими материалами (синтетическими сверхтвердыми, минералокерамикой), обрабатывать закаленные до высокой твердости (HRC 60) материалы, заменяя при этом шлифование.

Скорость резания  $v$  (м/мин) при фрезеровании определяется по формуле

$$v = \frac{\pi D n}{1000},$$

где  $D$  – диаметр фрезы, мм;  $n$  – частота вращения фрезы, мин<sup>-1</sup>.

При заданной скорости резания частоту вращения шпинделя станка фрезеровщик может определить по формуле

$$n = \frac{1000v}{\pi D}.$$

Подачей  $S$  называют скорость перемещения стола с заготовкой относительно фрезы. Различают подачу на один зуб фрезы  $S_z$ , мм/зуб; подачу на один оборот фрезы  $S_{об}$ , мм/об; минутную подачу  $S_{мин}$ , мм/мин.

Эти величины подач связаны между собой следующими зависимостями:

$$S_{мин} = S_{об} n = S_z z n,$$

где  $z$  – число зубьев фрезы.

Глубиной резания называется толщина слоя материала, снимаемого за один рабочий ход, мм. Шириной фрезерования  $B$  называется ширина поверхности, обрабатываемой за один рабочий ход, мм.

Соответственно изменению поперечного сечения стружки происходит изменение нагрузки на фрезу, обрабатываемую

деталь и станок, что вызывает появление вибраций в упругой замкнутой технологической системе (УЗТС). Это явление может привести к разрушению режущих лезвий фрезы, расстроить наладку станка на заданный размер и т. п. Чем больше зубьев фрезы находится в работе, тем более спокойно протекает процесс фрезерования, так как суммарная площадь поперечного сечения среза становится почти постоянной в течение всего времени обработки.

На рис. 2.65 приведены обозначения ширины фрезерования, глубины резания и глубины срезаемого слоя для различных случаев обработки, из которых следует, что в одном случае глубина срезаемого слоя совпадает с глубиной резания ( $t - t_0$ ), в других – с шириной фрезерования ( $B - t_0$ ).

Влияние подачи на зуб  $S_z$  и глубины резания  $t$  на толщину  $a$  и ширину  $b$  срезаемого слоя определяется следующими зависимостями.

Для цилиндрических, дисковых и концевых фрез с прямыми зубьями  $B = b$ , а с винтовыми зубьями  $b_{\max} = B/\sin\omega$ , где  $\omega$  – угол наклона винтовых зубьев. Максимальная тол-

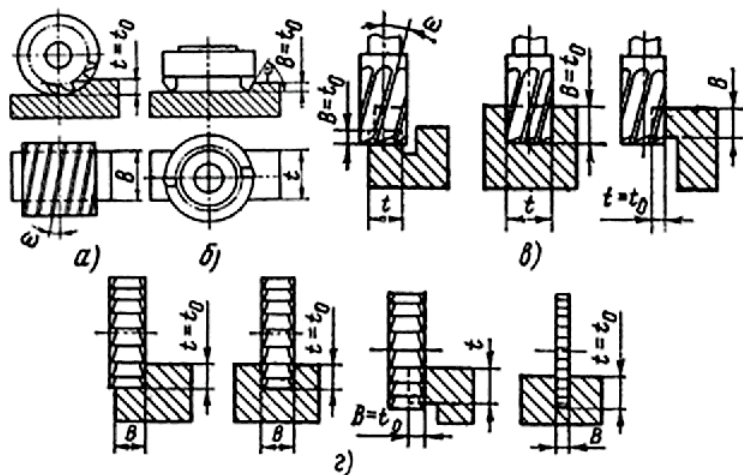


Рис. 2.65. Обозначения ширины фрезерования, глубины резания и глубины срезаемого слоя для различных случаев обработки фрезами:

а – цилиндрическими; б – торцовыми; в – концевыми; г – дисковыми

**СЛЕСАРНОЕ ДЕЛО. Механическая обработка деталей на станках**

щина срезаемого слоя для этих фрез определяется по формуле:

$$a_{\max} = S_z \sin \psi,$$

где  $\psi$  – максимальный угол контакта зуба фрезы с заготовкой.

Для торцовых фрез с углом в плане  $\varphi = 90^\circ$   $B = V/\cos\lambda$  и  $a_{\max} = S_z$ , а с  $\varphi < 90^\circ$   $b = V/\sin\varphi\cos\lambda$  и  $a_{\max} = S_z \sin\varphi$ .

Ниже приведены (табл. 2.4) рекомендации по выбору черновой подачи для некоторых разновидностей фрез.

При чистовой обработке назначается подача  $S_0$  на 1 оборот фрезы в зависимости от шероховатости обработанной поверхности. Рекомендуются значения подачи (табл. 2.5).

**Т а б л и ц а 2.4**  
**Рекомендации по выбору черновой подачи**

Торцовые твердосплавные фрезы			
Материал заготовки	Сталь		Чугун
Марка твердого сплава	Т15К6		ВК8
Подача $S_z$ , мм/зуб	0,09-0,22		0,20-0,45
Цилиндрические твердосплавные фрезы			
Материал заготовки	Сталь		Чугун
Ширина фрезерования В, мм	До 30	Св. 30	До 30      Св. 30
Подача $S_z$ , мм/зуб	0,2-0,3	0,15-0,20	0,25-0,35      0,20-0,25
Концевые фрезы с винтовыми твердосплавными пластинами			
Глубина резания t, мм	1-3	5-8	12
Подача $S_z$ , мм/зуб, при D, мм:			
20	0,10-0,07	0,08-0,03	-
30	0,15-0,10	0,12-0,06	0,09-0,05
50	0,20-0,10	0,15-0,08	0,10-0,06
Концевые быстрорежущие фрезы (фрезерование пазов)			
Материал заготовки	Сталь		Чугун
Глубина резания t, мм	5-15		5-15
Подача $S_z$ , мм/зуб, при D, мм:			
10	0,025-0,015		0,05-0,02
16	0,08-0,04		0,11-0,05
20	0,10-0,04		0,16-0,07
32	0,14-0,06		0,18-0,09
Дисковые трехсторонние фрезы с пластинами из твердого сплава			
Материал заготовки	Сталь		Чугун
Глубина резания t, мм	До 30		Св. 30
Подача $S_z$ , мм/зуб	0,10-0,12		0,08-0,10

Т а б л и ц а 2.5

**Значения подачи при чистовой обработке**

Параметр шероховатости Ra, мкм	3,2	1,6	0,80
Подача $S_0$ , мм/об, при $\sigma_s$ , кгс/мм <sup>2</sup> :			
≤ 70	0,80-0,50	0,55-0,40	0,25-0,20
> 70	1,00-0,70	0,60-0,45	0,30-0,20

### 2.6.5.1. Скорость резания $v$

На скорость резания при фрезеровании влияет материал обрабатываемой детали и режущей части инструмента, глубина резания и подача, величина принятой стойкости и ряд других факторов.

В табл. 2.6 приведены нормативные значения скоростей резания для основных разновидностей фрез из быстрорежущей стали и оснащенных твердым сплавом.

Т а б л и ц а 2.6

**Режимы резания при фрезеровании деталей из конструкционных углеродистых сталей**

Типы фрез	Материал инструмента	Диаметр фрез D, мм	Глубина резания t, мм	Подача S, мм/об	Скорость резания v, м/мин
Торцовые со вставными ножами	P18		3,0 10,0	0,05-0,18	49-33 43-29
	T15K6	80-125	1,5-5,0	0,07-0,13 0,18-0,33	352-249 249-173
		160-320	5,0-16,0	0,07-0,13 0,18-0,33	316-200 220-140
Цилиндрические со вставными ножами	P18		3,0-13,0	0,05-0,13 0,18-0,33	96-35 69-26
	T15K6	80-125	2,0-3,0 4,4-6,5	0,12-0,30	265-169 197-125
Концевые (фрезерование, плоскостей и уступов)	P18	16-32 40-63	3,5-5,5 3,5-8,0	0,06-0,12 0,06-0,20	78-46 84-31
	T15K6	20 50	3,4-9,0	0,03-0,10 0,03-0,20	230-134 230-101
Дисковые трехсторонние (фрезерование уступов)	P18	63-125 160-250	12,0-18,0 18,0-40,0	0,03-0,13 0,03-0,18	57-31 54-27
		T15K6	100 200,0	10,0 15,0 23,0	
				23,0	0,04-0,20

В наладке предусматривают уменьшение подачи в конце рабочего хода и выдержку на упоре.

### 2.6.5.2. Силы в зоне резания

На каждый зуб фрезы действует своя сила сопротивления срезаемого слоя металла. Каждую из этих сил можно разложить на составляющие, действующие тангенциально (по касательной) к зубьям фрезы  $P_{ок}$  и по радиусу фрезы  $P_p$  (рис. 2.66). Эти силы имеют равнодействующую  $R$ , которую можно разложить на силы – горизонтальную  $P_r$  и вертикальную  $P_v$ .

**Окружная сила  $P_{ок}$**  производит основную работу резания, по величине этой силы определяют мощность электродвигателя привода вращения фрезы.

**Горизонтальная составляющая силы резания  $P_r$**  определяет усилие, которое необходимо приложить к столу станка для его перемещения с рабочей подачей.

При встречном фрезеровании направление горизонтальной составляющей  $P_r$  противоположно направлению движения стола станка (рис. 2.66, а). При попутном фрезеровании  $P_r$  направлена в сторону движения стола (рис. 2.66, б).

**Вертикальная составляющая силы резания  $P_v$**  определяет усилие, которое при встречном фрезеровании стремится поднять заготовку вместе со столом и консолью, ухудшая тем самым процесс резания и вызывая вибрации станка. При попут-

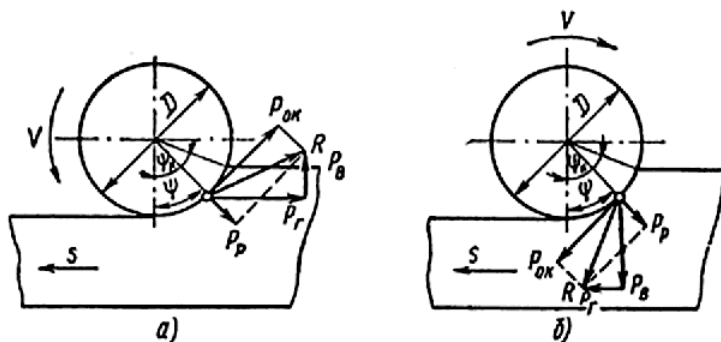


Рис. 2.66. Схемы действия сил при фрезеровании цилиндрической фрезой:  
а – встречном; б – попутном

ном фрезеровании  $P_o$  прижимает обрабатываемую заготовку к столу, улучшая условия обработки.

**Радиальная сила  $P_r$**  определяет усилие, изгибающее оправку и инструмент.

**Осевая сила  $P_o$**  направлена вдоль оси фрезы и появляется при фрезеровании фрезами с винтовыми зубьями. Направление силы  $P_o$  зависит от направления винтовых зубьев фрез. При фрезеровании цилиндрической фрезой с винтовыми зубьями для создания более благоприятных условий фрезерования целесообразно применять фрезу с таким направлением зуба, чтобы сила  $P_o$  была направлена к шпинделю (рис. 2.67, б); в противном случае осевая сила будет стремиться вытянуть фрезу с оправкой из посадочного конусного отверстия шпинделя.

Для того чтобы уравновесить действия осевых сил, иногда прибегают к использованию набора из двух фрез с правым и левым направлениями винтовых канавок между лезвиями.

При фрезеровании торцевыми фрезами действуют те же силы, что и при фрезеровании цилиндрическими.

Значение главной составляющей силы резания – окружной силы  $P_{ок}$  – определяют по эмпирическим зависимостям.

Приблизительно определить величину  $P_{ок}$  можно, пользуясь значением удельной силы резания  $p$  (МПа), под которой принято понимать силу резания, приходящуюся на единицу площади  $F_{cp}$  (мм<sup>2</sup>) срезаемого слоя:

$$p = P_{ок}/F_{cp}$$

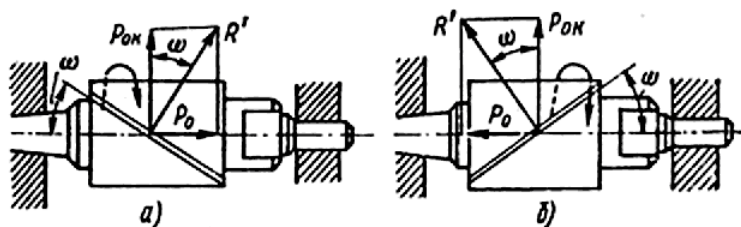


Рис. 2.67. Схемы действия сил на спиральный зуб фрезы:  
а – осевая сила направлена от шпинделя;  
б – осевая сила направлена к шпинделю

СЛЕСАРНОЕ ДЕЛО. Механическая обработка деталей на станках

Для определения площади поперечного сечения среза необходимо знать величину угла контакта  $\psi_k$  фрезы (рис. 2.66), который может определяться по формулам:

для цилиндрического фрезерования

$$\cos\psi_k = 1 - (2t/D);$$

для торцового фрезерования

$$\sin(\psi_k/2) = B/D.$$

Максимальная толщина срезаемого слоя  $a_{\text{наиб}}$  (мм) определяется по формуле

$$a_{\text{наиб}} = S_z - \sin\psi_k.$$

Среднее значение площади поперечного сечения среза  $F_{\text{ср}}$  (мм<sup>2</sup>) определяют в зависимости от числа зубьев, одновременно находящихся в процессе резания:

$$F_{\text{ср}} = Bts_z/(\pi D).$$

В табл. 2.7 приведены значения удельной силы резания для разных материалов в зависимости от наибольшей толщины срезаемого слоя.

Таблица 2.7  
Удельная сила резания  $p$  (МПа) при фрезеровании

Наибольшая толщина срезаемого слоя	Материал заготовки					
	сталь при $\sigma_s$ , МПа			чугун при НВ		
	до 600	600...1000	свыше 1000	до 180	180...200	свыше 200
0,02	3160...4200	5250...6350	7400...8500	2100	3050	4200
0,03	2850...3800	4750...5700	6700...7600	1840	2640	3670
0,04	2670...3560	4550...5350	6200...7100	1630	2350	3260
0,05	2560...3400	4250...5100	5960...6800	1540	2220	3080
0,06	2400...3200	4000...4800	5600...6400	1420	2050	2850
0,07	2350...3140	3920...4700	5990...6270	1350	1950	2710
0,08	2260...3020	3760...4520	5300...6040	1290	1860	2590
0,09	2180...2920	3640...4320	5100...5840	1260	1820	2530
0,10	2140...2860	3580...4280	5000...5420	1220	1750	2440

## Глава 2. Обработка деталей на станках лезвийным инструментом

Определив по табл. 2.7 удельную силу резания, можно приблизительно рассчитать окружную силу резания:

$$P_{ок} = p/F_{cp}$$

Значения отдельных составляющих силы резания можно определить из следующих приближенных соотношений.

Значения составляющих силы резания при фрезеровании цилиндрическими дисковыми, фасонными и работающими периферией концевыми фрезами определяют по зависимостям: при встречном фрезеровании

$$P_r = (1,0 + 1,2)P_{ок}; P_b = (0,2 + 0,3)P_{ок}; P_p = (0,35 + 0,4)P_{ок};$$

при попутном фрезеровании

$$P_r = (0,8 + 0,9)P_{ок}; P_b = (0,75 + 0,8)P_{ок}; P_p = (0,35 + 0,4)P_{ок}.$$

Осевая составляющая силы резания  $P_o$  для фрез с винтовыми зубьями находится из соотношения:

$$P_o = 0,28P_{ок} \operatorname{tg} \omega,$$

где  $\omega$  – угол наклона винтовой канавки.

Значения составляющих силы резания при фрезеровании торцевыми фрезами и работающими торцом концевыми фрезами определяют по зависимостям:

$$P_r = (0,4 + 0,5)P_{ок}; P_b = (0,85 + 0,95)P_{ок}; P_p = (0,5 + 0,55)P_{ок}.$$

### **2.6.5.3. Мощность, расходуемая при фрезеровании**

Окружная сила резания  $P_{ок}$  создает *крутящий момент* на шпинделе станка (кг·мм)

$$M_{кр} = P_{ок} D/2,$$

где  $D$  – диаметр инструмента, мм.

Мощность, расходуемая на срезание стружки, называется *эффективной мощностью*. Она равна произведению окружной



силы резания  $P_{ок}$  на скорость резания  $v$ . Мощность обычно выражается в киловаттах (кВт). Для определения мощности, расходуемой на фрезерование, пользуются следующей формулой:

$$N_{рез} = P_{ок} v / (60 \cdot 102).$$

Зная крутящий момент  $M_{кр}$  фрезы и частоту ее вращения, можно определить мощность

$$N_{рез} = M_{кр} n / 974000 \text{ кВт.}$$

Для обеспечения эффективной мощности на шпинделе необходимо, чтобы электродвигатель станка обладал большей мощностью, так как часть ее расходуется на трение в подшипниках, зубчатых передачах, направляющих и др. Потери на трение характеризуются коэффициентом полезного действия станка  $\eta$ .

Для фрезерных станков общего назначения  $\eta = 0,75 + 0,85$ . Таким образом, на полезную работу, т. е. на работу фрезерования расходуется 75-85% мощности электродвигателя.

Для определения эффективной мощности  $N_{рез}$ , которую можно использовать на резание, следует мощность электродвигателя  $N_{эд}$  умножить на КПД станка, т. е.

$$N_{рез} = \eta N_{эд}.$$

Для расчета потребной мощности электродвигателя станка  $N_{эд}$  по эффективной мощности необходимо эффективную мощность  $N_{рез}$  разделить на КПД станка, т. е.

$$N_{эд} = N_{рез} / \eta.$$

#### **2.6.5.4. Равномерность фрезерования**

Площадь поперечного сечения стружки при фрезеровании непостоянна. Она изменяется от значения, близкого к нулю, до некоторого максимума. Соответственно этому в таких же пределах меняется сила резания. Это, в свою очередь, вызывает неравномерность нагрузок, проявляющуюся в виде вибраций и толчков. Такие явления в процессе фрезерования разрушают

Т а б л и ц а 2.8

Значения  $\text{ctg}\omega$ 

$\omega$	20°	40°	30°	45°
$\text{ctg}\omega$	2,75	1,1	1,73	1

режущие лезвия инструмента, способны расстроить станок и снизить срок его службы. Особенно резкие колебания силы резания наблюдаются при работе прямозубыми фрезами. Значительно более равномерным является фрезерование фрезами с винтовыми зубьями. В особых условиях фрезерование такими фрезами можно вести с постоянной площадью суммарного сечения среза, т. е. при отсутствии колебаний силы резания. Такое фрезерование называется *равномерным*.

Условие равномерного фрезерования фрезами со спиральными зубьями можно кратко выразить так: для равномерного фрезерования ширина фрезерования  $B$  должна быть равна осевому шагу фрезы или кратна ему (в целых числах). Это выражается формулой

$$B = K\pi D \text{ctg}\omega / z,$$

где  $K = 1, 2, 3$  и т. д.;  $\omega$  – угол наклона винтового зуба фрезы;  $\text{ctg}\omega$  – значения приведены в табл. 2.8.

Для заготовок различной ширины условие равномерного фрезерования не всегда может быть выполнено. При этих обстоятельствах, если принять  $K = 2$  или  $K = 3$ , неравномерность становится относительно небольшой – изменения силы резания не превышают 20%, что допустимо.

### 2.6.5.5. Стойкость фрез

В процессе срезания материала с заготовки на передней поверхности зубьев фрезы возникает трение в результате скользящей по ней стружки, на задней поверхности – в результате скольжения зубьев фрезы по поверхности обработанного материала. Чем большие значения приобретают силы резания, отнесенные к единице работающих поверхностей зубьев фрезы, и чем больше затраченная при этом мощность, т. е. в данном случае путь в единицу времени – скорость, тем более значительны последствия, проявляющиеся в виде износа по передней и задней поверхности зубьев фрезы.

Износ зубьев фрезы измеряют величиной износа  $h_z$  (рис. 2.68, а). Существует некоторое оптимальное (по условиям экономической целесообразности) значение  $h_{zn}$ , по достижении которого дальнейшая работа должна быть прекращена и фреза должна быть заменена заточенной. Это значение соответствует нормативному износу (ордината точки В на рис. 2.68, б).

Наряду с критерием износа по задней поверхности (фаска  $h_{zn}$ ), существует оценка износа по нарушению размера, определяющего положение обработанной поверхности от технологических баз, т. е. по точности выполнения изделия. Такой износ носит название размерного износа. При точных работах, в первую очередь, необходимо учитывать изменение формы и размеров зубьев фрезы. Не следует допускать использования инструмента до появления предельно допустимого износа  $h_{zn}$ . Кроме того, на точность размеров изделия оказывают влияние упругие деформации в упругой колебательной системе между изделием и фрезой, которые значительно возрастают с увеличением износа фрезы по задней грани зуба. Значение допустимого размерного износа может быть установлено только практическим путем, в конкретных условиях по характерным признакам работы станка, инструмента и результатам работы.

Понятие «стойкость» связано с износом. Под *стойкостью* фрезы принято понимать период времени ( $T$ , мин.), в течение которого фреза может работать без переточки. На рис. 2.68, б на кривой износа точка стойкости В, соответствующая допустимому износу  $h_{zn}$ , определяется абсциссой  $T$ .

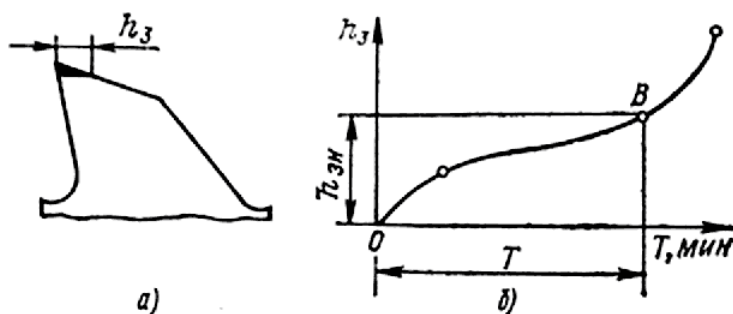


Рис. 2.68. Износ зубьев фрезы:  
а – характер износа по задней поверхности;  
б – компоненты на графике износа

Т а б л и ц а 2.9

**Стойкость быстрорежущих фрез**

Тип фрезы	Диаметр фрезы D, мм							
	20	50	75	100	150	200	300	400
	Стойкость T, мин.							
Торцовые и дисковые	-	100	120	130	170	250	300	400
Прорезные	-	80	90	100	110	120		
Концевые	60	80	-	-	-			
Цилиндрические	-	100	170	280	400			
Фасонные	-	60	80	100				
Угловые	-	100	150	170				

Стойкость связана со скоростью резания. Чем выше скорость резания  $v$ , тем ниже стойкость  $T$  фрезы. Эта связь определяется формулой

$$v = C/T^m,$$

где  $C$  – коэффициент, учитывающий свойства обрабатываемого материала и условия обработки;  $m = 0,15 \div 0,42$  – показатель относительной стойкости, зависящий главным образом от материала инструмента.

Вследствие малого значения  $m$  изменение скорости резания оказывает заметное влияние на стойкость. Так, если скорость резания увеличить всего на 10%, то стойкость фрезы уменьшится на 25-60%.

В табл. 2.9 приведены рекомендуемые периоды стойкости быстрорежущих фрез в зависимости от их типа и диаметра.

Для уменьшения износа режущих кромок фрезы подают СОЖ в зону резания при обработке заготовки. Этим снижаются деформации зубьев фрезы и обрабатываемой заготовки, а также уменьшения трения между зубом фрезы, стружкой и заготовкой. Подача СОЖ в зону резания способствует повышению стойкости фрезы в 2-3 раза.

#### **2.6.5.6. Тепловые деформации и остаточные напряжения в заготовке**

В процессе резания фрезерованием выделяется значительное количество теплоты. Источником теплоты является рабо-

та, затрачиваемая на резание и пластические деформации материала заготовки в зоне резания, трение стружки о переднюю поверхность зуба и задней поверхности зуба инструмента о заготовку.

Основная часть выделяемого тепла (примерно 80-85% теплового потока) переходит в стружку. Другая часть тепла распределяется между режущим инструментом и заготовкой. Кроме этого, небольшой процент тепла рассеивается в окружающую среду.

В зависимости от режима резания количество выделяемого тепла различно и возрастает с увеличением скорости резания.

При фрезеровании поверхностей, составляющих значительный процент от общей поверхности заготовки (15-25 % и более) за одну ее установку, количество тепла, поступающего в тело заготовки, может накаливаться и достигать значений, которые могут вызвать **тепловые деформации**, влекущие нарушения требуемой чертежом точности, особенно таких параметров, как прямолинейность, плоскостность, параллельность и т. п.

Для предотвращения нарушения точности от тепловых деформаций следует применять остро заточенный инструмент и смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ), отводящие тепло из зоны резания.

**Остаточные напряжения** – это те внутренние напряжения, которые сохраняются в заготовке при отсутствии внешних сил. Остаточные напряжения формируются в заготовках в процессе их изготовления (при поковке, штамповке, отливке, в прокате). Обычно напряжения снимают «старением», при котором остаточные напряжения в металле заготовок уравниваются, т. е. не проявляются в виде их коробления, изогнутости, нарушения формы и т. п.

После механической обработки заготовки на станках, когда в виде припуска удаляется часть металла, может произойти перераспределение внутренних напряжений в оставшейся части заготовки. Нарушенное равновесие может проявиться по мере остывания заготовки или постепенно за некоторый относительно продолжительный период времени. При этом изменение формы может быть настолько значительным, что дальнейшее применение изделия невозможно.

Процесс механической обработки резанием также служит источником (не столь существенных по значению) остаточных

напряжений, которые возникают в процессе пластических деформаций поверхностного слоя и в результате нагрева в зоне резания.

Мерой устранения вредных последствий остаточных напряжений служит разделение обработки резанием на несколько этапов. На первом этапе выполняется черновая (предварительная) обработка фрезерованием, удаляющая наибольшую часть припуска с поверхностей заготовки. После этого дают возможность заготовке остыть и вылежаться сутки-двое. Затем заготовка подвергается получистовой обработке по тем же поверхностям, и заканчивают изготовление изделия чистой, окончательной обработкой. Такой порядок обработки может быть рекомендован и в тех случаях, когда к детали предъявляются высокие технические требования или заготовка является дефицитной.

#### **2.6.6. Фрезерные станки**

Основным техническим параметром, по которому классифицируют фрезерные станки, является размер стола, на котором устанавливается и закрепляется заготовка, и масса станка. Основное назначение фрезерных станков – обработка поверхностей деталей, устанавливаемых на столе станка.

Фрезерные станки по конструктивному исполнению могут быть универсальные, приспособленные к выполнению различных операций и управляемые рабочим; специализированные, которые предназначены для обработки каких-то типов деталей, и специальные, которые ориентированы на конкретный тип детали, а также станки с ЧПУ.

В современных станках универсального исполнения для возможности обработки различных деталей предусмотрены, в виде пульта, элементы числового программного управления для выбора режимов обработки, управления рабочими движениями станка и др., которые рабочий использует при наладке станка для обработки поверхностей деталей.

На рис. 2.69 приведены схемы конструкций основных типов фрезерных станков.

Универсально-фрезерный станок (рис. 2.69, а) имеет горизонтально расположенный шпиндель и предназначен для установки и крепления инструмента непосредственно в шпин-

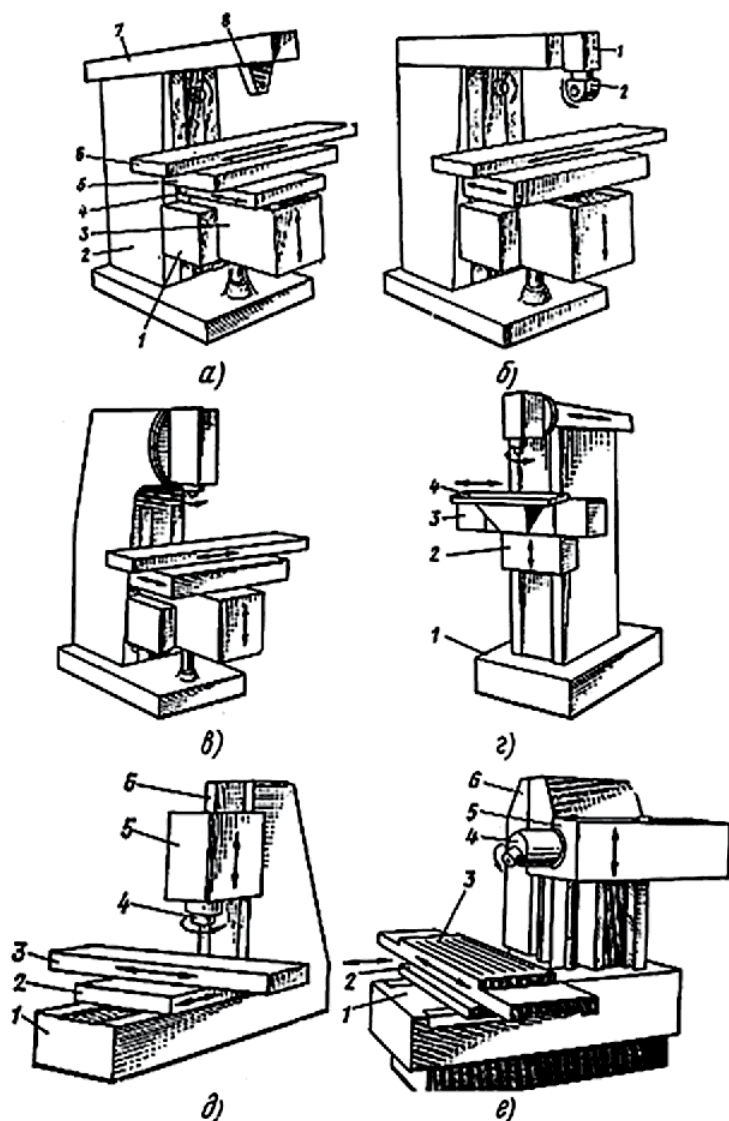


Рис. 2.69. Типы фрезерных станков:  
 консольные (а – в); бесконсольные (г – е)

## Глава 2. Обработка деталей на станках лезвийным инструментом

деле станка или на оправке посредством хобота 7 с серьгами 8. По вертикальным направляющим станины 2 перемещается консоль 3 с коробкой подач 1. На консоли расположены направляющие, по которым в поперечном направлении перемещаются салазки 4 с поворотным устройством 5. Это дает возможность поворота продольного стола 6 в горизонтальной плоскости на угол  $\pm 45^\circ$  относительно оси шпинделя.

Широкоуниверсальный консольно-фрезерный станок (рис. 2.69, б) по сравнению со станком (а) имеет второй шпиндель, размещенный в головке 1, смонтированной на хоботе. Головку можно поворачивать под любым углом в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. Возможна раздельная и одновременная работа обоими шпинделями. Поэтому в этом станке отсутствует поворотное устройство для возможности поворота продольного стола.

Вертикальный консольно-фрезерный станок (рис. 2.69, в) имеет вертикально расположенный шпиндель, который в некоторых моделях станков допускает смещение вдоль своей оси и поворот вокруг горизонтальной оси, расширяя тем самым технологические возможности станка.

Широкоуниверсальный бесконсольный фрезерный станок (рис. 2.69, г) по сравнению со станком (в) не имеет консоли. Вместо нее по вертикальным направляющим станины 1 перемещается каретка 2 с горизонтальными направляющими для салазок 3 с вертикальной рабочей поверхностью, к которой крепят стол 4, делительные и другие приспособления.

Вертикально- и горизонтально-фрезерные бесконсольные станки (рис. 2.69, д, е) предназначены для обработки вертикальных, горизонтальных наклонных поверхностей, пазов в крупногабаритных деталях. В этих станках отсутствует консоль, а салазки 2 и стол 3 перемещаются по направляющим станины 1, установленной на фундамент. Такая конструкция станка обеспечивает более высокую его жесткость и точность обработки по сравнению со станками консольного типа, позволяет обрабатывать детали большой массы и размеров. Шпиндельная головка 5, являющаяся и коробкой скоростей, имеет установочное перемещение по вертикальным направляющим стойки 6. Кроме того, шпиндель 4 вместе с гильзой можно сдвигать в осевом направлении при точной установке фрезы на требуемый размер.



### 2.6.7. Приспособления для установки и закрепления заготовок

При работе на фрезерных станках применяют приспособления для установки и закрепления заготовок и инструмента, а также для расширения возможностей станков.

Прихваты, подставки, угловые плиты, призмы, машинные тиски применяют для закрепле-

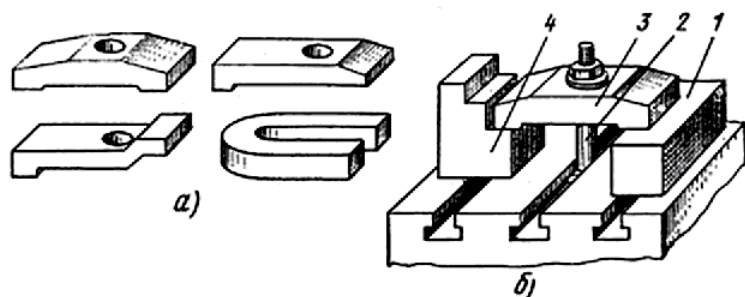


Рис. 2.70. Прихваты

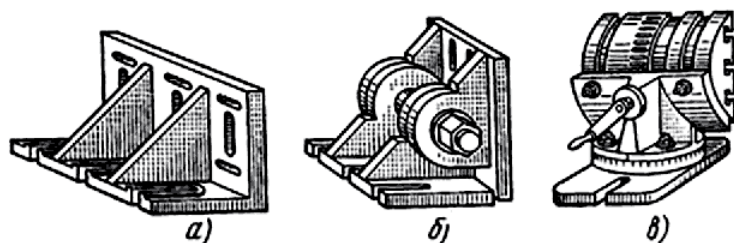


Рис. 2.71. Угловые плиты

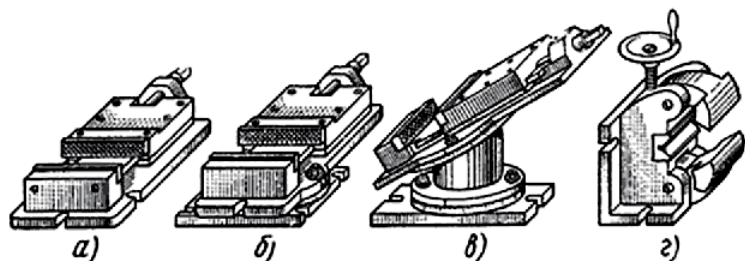


Рис. 2.72. Машинные тиски

ния заготовок. Прихваты (рис. 2.70, а) используют для закрепления заготовок 1 или каких-либо приспособлений на столе станка болтами 2. Нередко один из концов прихвата 3 опирается на подставку 4 (рис. 2.70, б).

При обработке заготовок, у которых необходимо получить плоскости, расположенные под углом, применяют угловые плиты: обычные (рис. 2.71, а) и универсальные, допускающие поворот вокруг одной (рис. 2.71, б) или двух осей (рис. 2.71, в).

Машинные тиски могут быть простыми неповоротными (рис. 2.72, а), поворотными (поворот вокруг вертикальной оси, рис. 2.72, б), универсальными (поворот вокруг двух осей, рис. 2.72, в) и специальными (для закрепления валов, рис. 2.72, г); с ручным, пневматическим, гидравлическим или пневмогидравлическим приводом.

### **2.6.8. Приспособления для установки и закрепления режущего инструмента**

#### **2.6.8.1. Присоединительные поверхности концов шпинделей, вспомогательных инструментов и фрез**

Размеры конуса отверстия и конца шпинделя фрезерных станков предусматривают восемь типоразмеров концов шпинделей с отверстием, имеющим конусность 7:24, и два типоразмера с отверстием, имеющим конус Морзе. Шпиндели могут иметь на торце два паза под поводковые шипы шириной В; эти шипы крепятся одним или двумя винтами. Помимо шипов на торце предусмотрено четыре или шесть резьбовых отверстий, используемых для закрепления инструмента непосредственно на торце с центрированием по наружному диаметру  $D_1$  шпинделя.

Фрезы закрепляют на оправках и в патронах, которые крепят в шпиндель станка. На рис. 2.73 показана установка цилиндрической насадной фрезы на оправке в станок с горизонтальной осью шпинделя.

Положение фрезы 6 на оправке 3 регулируется проставочными кольцами 5. Фреза и оправка связаны шпонкой 7. Конический хвостовик оправки, имеющий внутреннюю резьбу, вставляют в аналогичное отверстие шпинделя 2 станка и затягивают шомполом 1. Чтобы оправка не проворачивалась, в шпиндель устанавливают сухари 4, которые входят в пазы

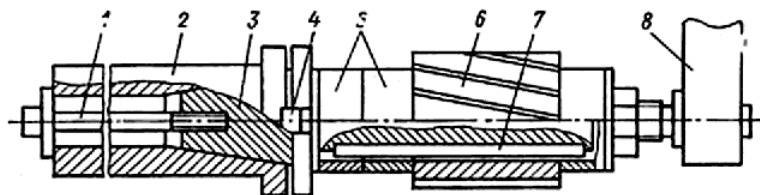


Рис. 2.73. Установка цилиндрической фрезы на оправке

шпинделя и фланца оправки. Если оправка длинная, то другой ее конец поддерживается серьгой-подвеской 8, установленной на хоботе станка.

**Вспомогательными инструментами** называются инструменты, обеспечивающие установку и закрепление режущего инструмента на станке. К установке предъявляются требования: правильно ориентировать режущий инструмент (в нашем случае фрезы) относительно оси вращения шпинделя станка и надежно сохранять занятое положение в процессе выполнения обработки; к закреплению – жестко соединять фрезу со шпинделем; без упругих колебаний передавать максимальный крутящий момент, предусмотренный конструкцией и паспортом станка. Наиболее полно этим требованиям отвечают конусные присоединительные поверхности. Вспомогательный инструмент, как правило, изготавливается с точностью большей, чем режущий инструмент.

Перед соединением конусные поверхности шпинделя и оправок должны быть тщательно протерты чистой ветошью, не оставляющей ворсинок на протертой поверхности. Если возникает сомнение в плотности конического соединения, кроме визуального контроля и повторной протирки поверхностей рекомендуется осуществлять контроль соединения «по краске». В этом случае на конусную поверхность оправки тонким слоем наносятся полосы шпательной краски, которые располагают в трех местах по всей длине конуса. Затем оправка вставляется в конусное отверстие шпинделя и поворачивается в нем на  $20-30^\circ$ , после чего вынимается. При вращении оправки на совмещенных конусных поверхностях полосы краски равномерно должны стираться по всей их длине конуса. В противном случае краска будет стерта только на тех участках, где возник контакт поверхностей.

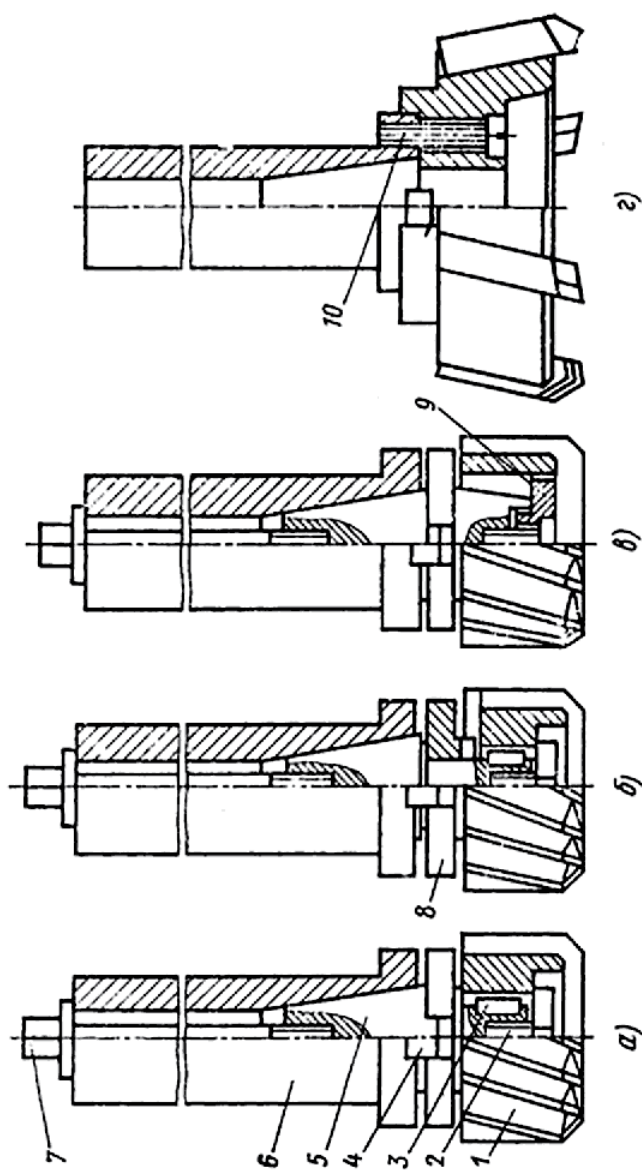


Рис 2.74. Установка торцовых насадных фрез

Торцовые насадные фрезы можно устанавливать на оправках или на шпинделе станка. При установке на оправке посадочное отверстие фрезы может быть цилиндрическим, тогда фрезу 1 крепят на оправке 5 шпонкой 3 и винтом 2 (рис. 2.74, а) или переходным фланцем 8 и винтом 2 (рис. 2.74, б); коническим, тогда для крепления используют вкладыш 9 и винт 2 (рис. 2.74, в). Оправку закрепляют в шпиндель 6 станка шомполом 7.

Установка торцовой фрезы непосредственно на торец шпинделя станка с центрированием по наружному диаметру шпинделя и креплением к шпинделю винтами 10 показана на рис. 2.74, г.

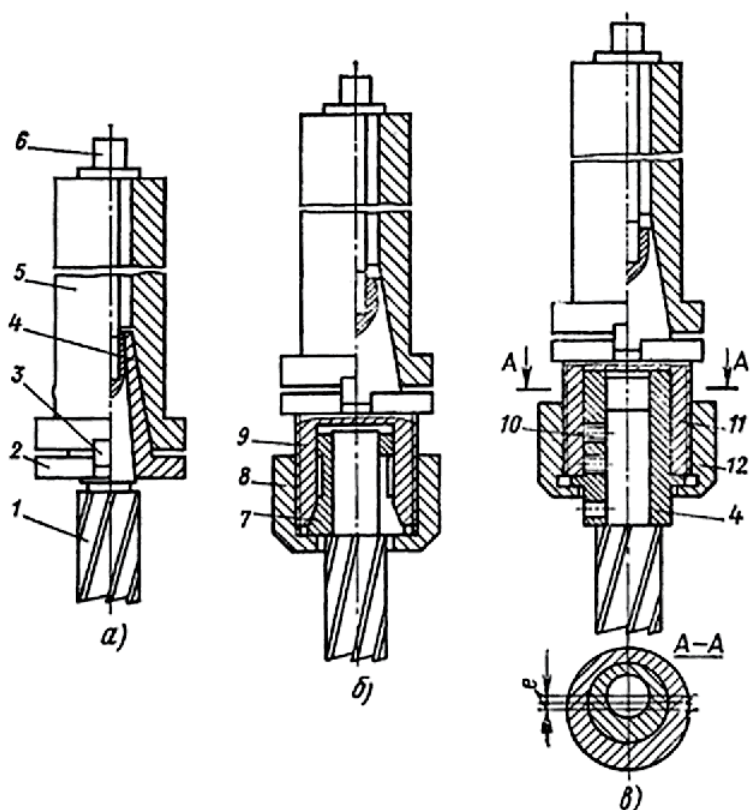


Рис. 2.75. Установка концевых фрез

Крутящий момент шпинделя к фрезе передается торцовой шпонкой 4.

Концевые фрезы выпускают с коническим и цилиндрическим хвостовиками. Фрезы с коническим хвостовиком устанавливают в шпиндель 5 станка (рис. 2.75, а), используя переходные втулки 2, внутренний конус которых соответствует конусу хвостовика инструмента 1, а наружный конус – конус шпинделя. Фрезу в шпинделе закрепляют шомполом 6. Торцовая шпонка 3 передает крутящий момент от шпинделя к переходной втулке, а от нее – к фрезе.

Концевые фрезы с цилиндрическим хвостовиком закрепляют в патроне, который коническим хвостовиком вставляют в шпиндель станка. Конструкция одного из таких патронов показана на рис. 2.75, б. Фрезу устанавливают в цангу 7 и гайкой 8 закрепляют в корпусе патрона 9.

При фрезеровании пазов, точных по ширине, изношенными фрезами удобно использовать патрон (рис. 2.75, в) с регулируемым эксцентриситетом. Фрезу закрепляют винтами 10 во втулке 4, которую устанавливают в корпус 11 и затягивают колпачковой гайкой 12. Так как отверстие в корпусе смещено по отношению к оси вращения патрона, а отверстие для фрезы во втулке не совпадает с осью втулки, то поворотом втулки можно смещать ось фрезы относительно оси ее вращения, изменяя ширину фрезеруемого паза.

### **2.6.9. Приспособления, расширяющие технические возможности фрезерных станков**

К таким приспособлениям относят круглые поворотные столы, делительные головки и другие устройства, одни из которых не изменяют основного назначения станка, а другие изменяют характер выполняемых операций.

Круглые поворотные столы применяют для обработки фасонных поверхностей. Заготовку закрепляют на столе, где она может поворачиваться непрерывно или периодически от ручного, механического, гидравлического, пневматического или электрического привода. Иногда стол снабжают встроенным пневматическим или гидравлическим устройством для зажима заготовки.

Механический привод вращения круглого поворотного стола показан на рис. 2.76. Движение для вращения круглого стола

1 снимается с ходового винта 6 продольной подачи стола 3 консольно-фрезерного станка через сменные зубчатые колеса 5 в корпусе 4 и карданный вал 2.

Конструкция круглого стола, позволяющая выполнять только периодическое деление, показана на рис. 2.77.

Стол состоит из снования 3, планшайбы 4, сменного делительного диска 7 и фиксатора 6. При необходимости повернуть заготовку фиксатор выводят рукояткой 2 из впадины делительного диска и поворачивают планшайбу вместе с заготовкой ручкой 5 на требуемое число впадин на делительном диске. После этого рукоятку 2 отпускают, и под действием пружины фиксатор 6 заскакивает во впадину делительного диска. Для жесткого и надежного закрепления планшайбы имеется стопорный механизм 8, приводимый в действие рукояткой 1.

Делительные головки используют на консольных и широкоуниверсальных станках для закрепления заготовки и поворота ее на различные углы путем непрерывного или прерывистого вращения. В зависимости от конструкции головки окружность заготовки может быть разделена на равные или неравные части. При нарезании винтовых канавок заготовке сообщается одновременно непрерывное вращательное и поступательное движения, например, при обработке стружечных канавок у сверл, фрез, метчиков, разверток и зенкеров. Та-

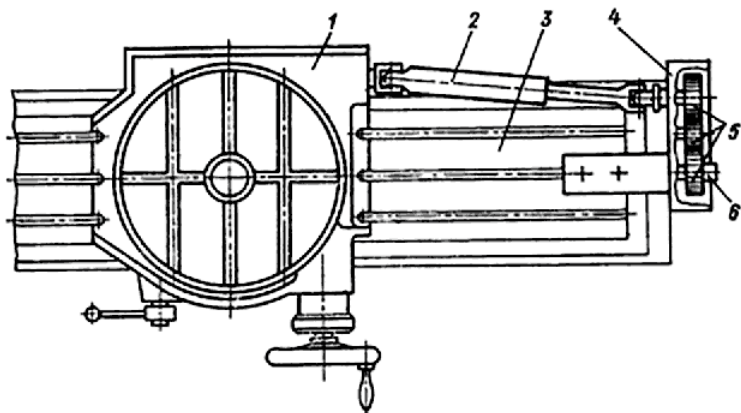


Рис. 2.76. Круглый поворотный стол с приводом от механизма подачи фрезерного станка



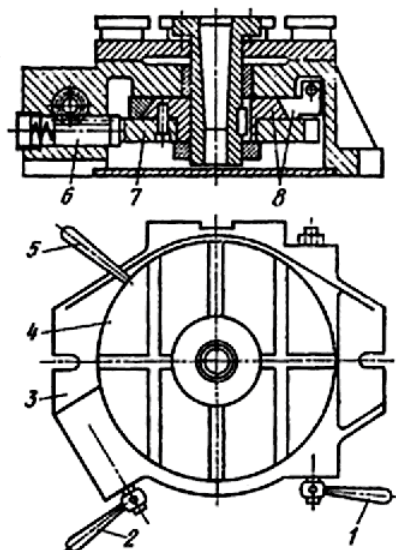


Рис. 2.77. Круглый поворотный стол с периодическим делением от руки

кие головки применяют при изготовлении многогранников, нарезании зубчатых колес и звездочек, прорезании пазов, шлиц и т. п.

По принципу действия делительные головки делят на лимбовые (универсальные), оптические, безлимбовые и с диском для непосредственного деления. Лимбовые делительные головки применяют для выполнения всех видов работ.

Устроена лимбовая делительная головка следующим образом. В цапфах основания 7 (рис. 2.78) головки установлен поворотный корпус 5 со шпиндельным узлом 3. На переднем конце шпинделя можно устанавливать центр 2, закреплять поводковый или кулачковый патрон, диск 4 непосредственного деления, а на заднем конце шпинделя – оправку для сменных зубчатых колес.

Вращение шпинделю передается от рукоятки 11 с фиксатором 9. Отсчет поворота рукоятки производят по засверленному на делительном диске 8 (лимбе) отверстиям. Для удобства отсчета поворота рукоятки имеется раздвижной сектор 10. При обработке длинных заготовок используют поддержи-



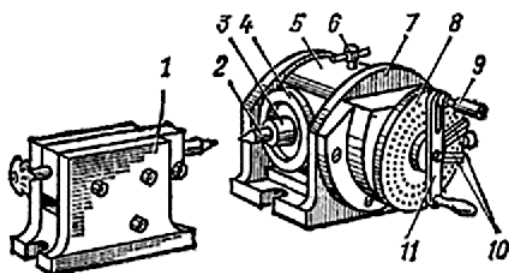


Рис. 2.78. Лимбовая делительная головка

вающую заднюю бабку 1. С помощью рассмотренной делительной головки можно выполнять непосредственное, простое и сложное (дифференциальное) деления.

Деление осуществляют по диску 4 с делениями через  $1^\circ$ . Точность отсчета с использованием нониуса равна 5 мин. Поворот шпинделя при этом можно производить рукояткой 11 или вращением шпинделя. После каждого поворота шпиндель фиксируют стопором 6. У некоторых делительных головок вместо диска 4 с делениями устанавливают диск с 24, 30 и 36 отверстиями по кругу, что позволяет выполнить деление на 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 15, 18, 24, 30 и 36 частей.

Простое деление выполняют с помощью зафиксированного стопором 6 лимба 8, с двух сторон которого просверлены отверстия по концентрическим окружностям. С одной стороны диска могут быть окружности с 24, 25, 26, 28, 30, 34, 37, 38, 39, 41, 42 и 43 отверстиями, а с другой – с 46, 47, 49, 51, 53, 54, 57, 58, 59, 62 и 66 отверстиями.

## 2.6.10. Основные фрезерные работы

### 2.6.10.1. Фрезерование плоскостей

Плоскости обычно фрезеруют торцовыми и цилиндрическими фрезами. Диаметр торцевой фрезы  $D$  (мм) выбирают в зависимости от ширины фрезерования с учетом соотношения  $D \geq (1,3 + 1,8)B$ .

При фрезеровании торцовыми фрезами, чтобы обеспечить более спокойную работу, предпочтение следует отдавать несимметричной схеме резания (табл. 2.10; см. рис. 2.79, б).

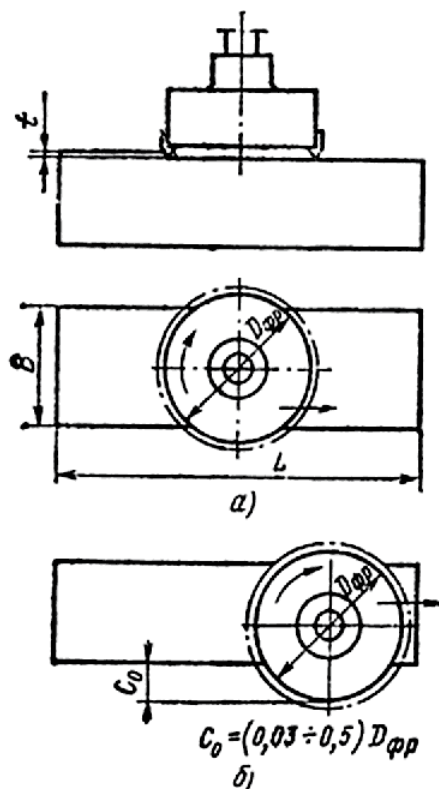


Рис. 2.79. Торцовое фрезерование:  
а – симметричное; б – несимметричное

Таблица 2.10

**Выбор диаметра торцовой фрезы  
при фрезеровании плоскостей**

Ширина фрезерования В, мм	45	65	80	110	150	200	240	320	400	500
Диаметр фрезы D, мм	80	100	125	160	200	250	320	400	500	630

При обработке плоскостей концевыми фрезами длину фрезы надо выбирать такой, чтобы ее длина перекрывала на 10...15 мм требуемую ширину обработки (табл. 2.11).

СЛЕСАРНОЕ ДЕЛО. Механическая обработка деталей на станках

При обработке плоскостей цилиндрическими фрезами диаметр фрезы надо выбирать такой, чтобы он перекрывал на 10...15 мм требуемую ширину обработки.

Значения припусков на обработку плоскостей деталей, изготовляемых из стали и чугуна, приведены в табл. 2.12, а деталей из цветных металлов – в табл. 2.13.

**Таблица 2.11**  
**Выбор диаметра концевой фрезы**  
**при фрезеровании плоскостей, мм**

Ширина фрезерования В, мм	Диаметр фрезы D при глубине резания t, мм		
	2	5	10
50	63	80	100
100	80	100	100
150	100	100	125

**Таблица 2.12**  
**Припуск на сторону при обработке**  
**плоскостей деталей из стали и чугуна**

Метод обработки плоскости	Наибольший размер обрабатываемой поверхности, мм					
	до 50	50...120	120...250	250...500	500...800	800...1250
Черновое фрезерование после литья: в песчаные формы в кокиль в оболочковую форму по выплавляемой модели	0,9...1,0	1,1...1,4	1,5...1,6	2,0...2,5	2,8...3,2	3,8...5,0
	0,6	0,8	1,0	1,6	2,2	3,1
	0,5	0,6	0,8	1,4	2,0	2,9
	0,3	0,4	0,5	0,8	-	-
Получистовое фрезерование после черновой обработки	0,25	0,25	0,3	0,3	0,4	0,5
Чистое фрезерование после получистовой обработки	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

Таблица 2.13

**Припуск на сторону при обработке плоскостей деталей из цветных металлов и сплавов (размеры в мм)**

Метод обработки плоскости	Наибольший размер обрабатываемой поверхности, мм					
	До 50	50...120	120...250	250...350	350...500	500...800
Черновое фрезерование после литья:						
в песчаные формы	0,65	0,75	0,85	0,95	1,1	1,25
в кокиль						
и оболочные формы	0,35	0,45	0,55	0,65	0,85	0,95
по выплавляемой модели	0,25	0,3	0,45	0,55	0,7	0,85
под давлением	0,15	0,25	0,35	0,45	0,6	0,75
Чистовое фрезерование после черногого						
	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,37

При черновом фрезеровании обычно достигается точность размеров по 11 и 12 квалитетам, при чистовом – по 9 и 10 квалитетам. При высокой жесткости и точности станков и тонком фрезеровании торцовыми фрезами (с малыми глубинами резания и подачами на зуб) можно получить размеры в пределах 8 и 9 квалитетов.

В отдельных случаях, при хорошем состоянии станка и инструмента при тонком фрезеровании можно получить точность размеров в пределах 6 и 7 квалитетов и шероховатость  $R_a = 1,25 \div 0,63$ .

Шероховатость ( $R_z$ ) обработанных поверхностей при фрезеровании торцовыми фрезами может находиться в пределах от 40 до 1,6 мкм, при фрезеровании цилиндрическими фрезами от 80 до 10 мкм. Для получения шероховатости  $R_a = 6,3 \dots 1,6$  мкм применяют тонкое фрезерование торцовой фрезой, имеющей соответствующую заточку. При фрезеровании цилиндрической фрезой более низкая шероховатость получается при фрезеровании «по подаче». Для получения шероховатости  $R_a = 0,63$  применяют тонкое фрезерование летучей (однозубой) торцовой фрезой, ось которой слегка наклонена к обрабатываемой поверхности и зуб фрезы оставляет на обрабатываемой поверхности след не полной окружности. Зуб этой фрезы имеет лезвие, ширина которого в 2-3 раза боль-

ше подачи. Глубина фрезерования  $t = 0,03 + 0,1$  мм; подача  $s_0 = 1,5 + 2,5$  мм/об; скорость резания при обработке стали  $v = 200 + 250$  м/мин.

### 2.6.10.2. Фрезерование прямоугольного бруска

С такой задачей приходится сталкиваться часто.

В этом случае обработки необходимо сделать правильный выбор баз и последовательности обработки поверхностей.

Заготовку необходимо закрепить в машинных тисках и обработать поверхность 1, имеющую наибольшую площадь (рис. 2.80, а). Заготовка при этом устанавливается в тисках так, чтобы противоположная ей поверхность 4 опиралась на направляющую поверхность тисков или на две параллельные подкладки равной высоты.

Затем, во втором переходе (рис. 2.80, б), заготовка устанавливается обработанной поверхностью 1 к неподвижной

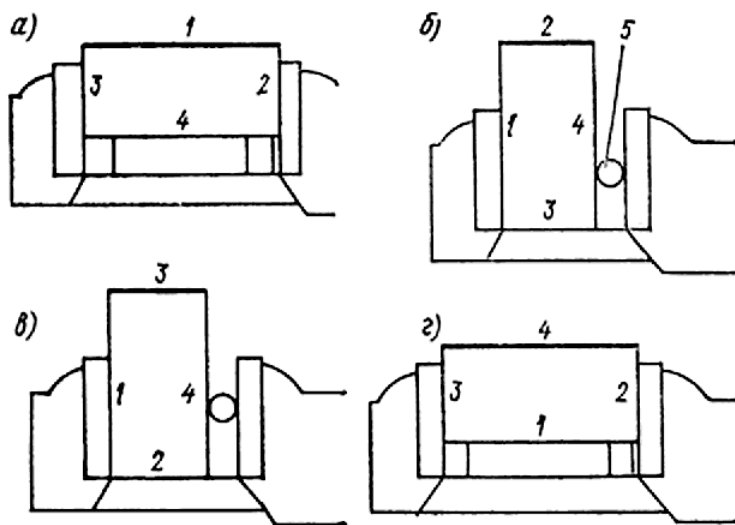


Рис. 2.80. Последовательность обработки плоскопараллельных и взаимно перпендикулярных поверхностей бруска

губке тисков и прижимается к ней либо непосредственно подвижной губкой, либо, как показано на рисунке, через кусок металла круглого сечения 5 в центре губок. Это исключает возможный перекося заготовки при закреплении. В такой позиции фрезеруют поверхность 2, смежную с базовой 1. Второй и третий (рис. 2.80, в) переходы обеспечивают получение прямого угла между поверхностями 1 и 2 и 1 и 3. В последнем переходе (рис. 2.80, г) базой служит все та же поверхность 1.

Брусок устанавливают поверхностью 1 на две параллельные подкладки равной высоты и перед окончательным закреплением в тисках выверяют, для чего производится контроль параллельности базовой поверхности 4 бруска столу станка. После выверки заготовку закрепляют окончательно.

Если все выполнено правильно, то поверхности 1 и 4 должны быть параллельны и вместе с тем перпендикулярны к поверхностям 2 и 3.

Приведенная последовательность обработки бруска является рациональной как при черновой, так и при чистовой обработке. С тем, чтобы не повредить обработанные поверхности бруска при закреплении в тисках, между губками тисков и заготовкой устанавливают накладки на губки из мягкого металла, листовой латуни или меди.

### **2.6.10.3. Фрезерование уступов дисковыми фрезами**

Для фрезерования уступов применяют трехсторонние дисковые фрезы с шириной не меньше ширины уступа, внутренний диаметр должен соответствовать диаметру оправки, а наружный диаметр фрезы должен быть такой величины, чтобы при полной глубине фрезерования уступа оправка с кольцами не касалась поверхности заготовки.

Закрепляют заготовку на станке параллельно продольной (горизонтальной) подаче для обработки уступа. Для определения исходных точек координат для отсчета размеров уступа на заготовке включают шпиндель станка и подводят ручной (вертикальной) подачей заготовку к фрезе до касания с горизонтальной поверхностью. Затем отводят (горизонтальной) подачей заготовку из-под фрезы и выключают шпиндель станка.

Устанавливают по лимбу вертикальной подачи глубину фрезерования, равную примерно  $1/3$  глубины, заданной чертежом. Опять включают шпиндель станка и подводят ручной (поперечной) подачей заготовку к фрезе так, чтобы она слегка коснулась боковой поверхностью фрезы. Затем отводят (горизонтальной) подачей заготовку из-под фрезы и выключают шпиндель станка

Устанавливают по лимбу поперечной подачи значение ширины уступа несколько меньшее (примерно на 1 мм или  $1/3$  его ширины), заданное чертежом. Фрезеруют продольной (горизонтальной) подачей уступ на всю его длину (рис. 2.81, а) и отводят стол в исходное положение. Выключают шпиндель, и, не снимая заготовки, проверяют ширину и глубину уступа в начале и в конце заготовки.

Если нет перекосов, то уточняют необходимые дополнительные перемещения фрезы по ширине и глубине уступа, производят по лимбу установки стола и фрезеруют уступ

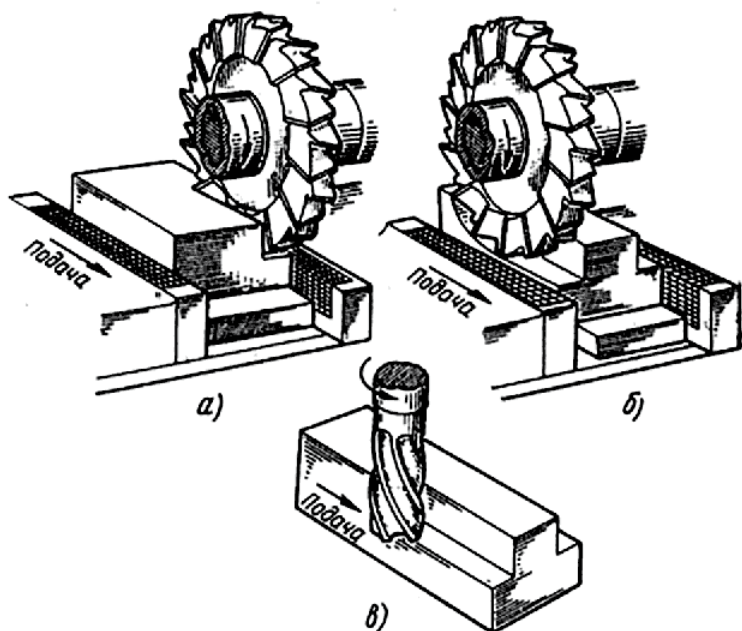


Рис. 2.81. Фрезерование пазов и уступов

окончательно. Выключают шпиндель, и, не снимая заготовки, проверяют ширину и глубину уступа в начале и в конце заготовки.

Убедившись в правильности обработки первого уступа, передвигают стол в поперечном направлении и также в два приема фрезеруют второй уступ (рис. 2.81, б).

#### **2.6.10.4. Фрезерование уступов концевыми фрезами**

Правила фрезерования уступов концевыми фрезами (рис. 2.81, в) те же, что и дисковыми. При выборе концевой фрезы ее диаметр должен быть больше ширины уступа, а длина режущей части – больше его глубины.

Поверхности уступа, обработанные концевыми фрезами, могут быть обработаны с меньшей шероховатостью, чем поверхности, обработанные дисковыми фрезами.

При выборе концевой фрезы следует учитывать, что направление винтовой канавки фрезы должно совпадать с направлением вращения, т.е. при правом вращении шпинделя следует выбирать фрезу с правым направлением винтовых канавок. В этом случае стружка, отделяясь от заготовки, будет направляться вверх по винтовым канавкам фрезы.

#### **2.6.10.5. Фрезерование прямоугольных пазов и канавок**

Обработка прямоугольных пазов и канавок может производиться как дисковыми, так и концевыми фрезами.

Для обработки паза за один рабочий ход ширина дисковой фрезы должна соответствовать ширине фрезерного паза с допускаемыми отклонениями, которые для пазов обычно находятся в пределах 8 + 12-го квалитетов. Однако это возможно только тогда, когда дисковая фреза не имеет торцового биения на оправке. Если фреза будет иметь радиальное биение, то фактическая ширина фрезерованного паза получится больше ширины фрезы. Исходя из этого, ширина дисковой трехсторонней фрезы должна быть несколько меньше требуемой ширины паза. Кроме того, после последующей переточки торцовых зубьев ширина фрезы уменьшается и, следовательно, после заточки она уже будет непригод-



ной для фрезерования паза, для которого она предназначена первоначально.

Все вышесказанное относится также и к концевым фрезам. При применении концевых фрез обработка точных пазов может оказаться невозможной даже при использовании новых фрез, если будет наблюдаться повышенное суммарное радиальное биение системы фреза-оправка-шпиндель. Поэтому дисковые и концевые фрезы следует использовать для однопроходной обработки пазов по точности в пределах 11-го качества и шероховатости обработанных боковых стенок паза не ниже  $Ra = 32$  мкм.

В деталях машин находят широкое применение прямоугольные пазы, открытые и закрытые, к точности которых

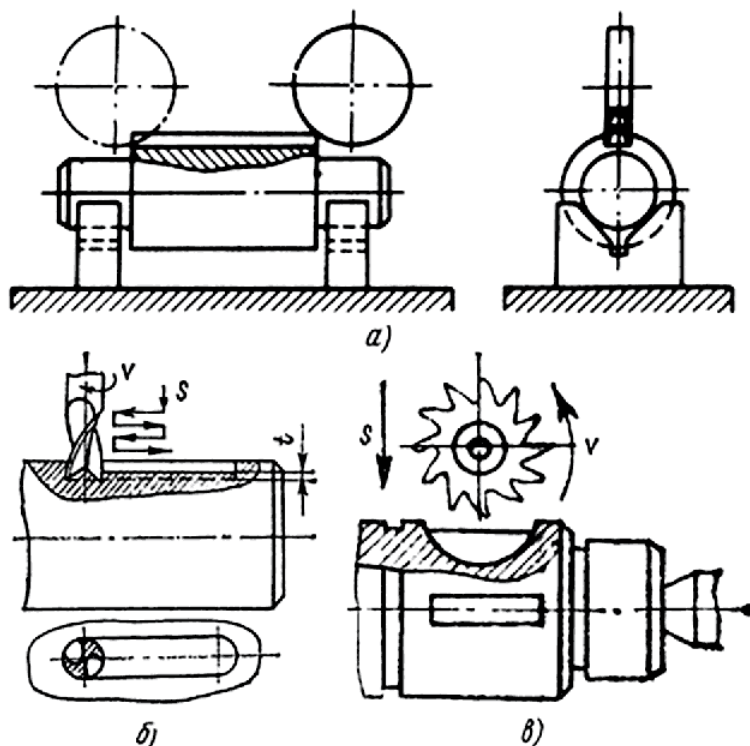


Рис. 2.82. Фрезерование шпоночных пазов

предъявляются определенные требования. В частности, к таким пазам относятся пазы под призматические шпонки, допускаемые отклонения на которые составляют  $H9$  и  $j_9$  при шероховатости боковых стенок паза не ниже  $Rz = 16$  мкм. Поэтому суммарное осевое биение дисковой фрезы и радиальное биение концевой фрезы, установленных в шпиндель станка, не должно превышать  $0,02$  мм, что практически труднодостижимо.

Для получения пазов указанной выше точности используется многопроходная обработка по ширине паза. Диаметр шпоночной фрезы для многопроходной обработки берется меньше ширины шпоночного паза, первоначально  $D = B - 0,4$  мм (где  $B$  – ширина шпоночного паза).

Открытые сквозные шпоночные пазы обрабатывают дисковыми трехсторонними фрезами на горизонтально-фрезерных станках (рис. 2.82, а). Фрезерование паза производится, как правило, за один рабочий ход, при этом достигается наиболее высокая производительность, однако размер паза по ширине получается недостаточно точным (в пределах 11-го качества). Для повышения точности паз фрезеруют в 2-3 рабочих хода за одну или две операции или же осуществляют предварительное фрезерование с оставлением припуска под следующую слесарную обработку. Этот способ находит применение в единичном и мелкосерийном производстве.

Глухие шпоночные пазы фрезеруют стандартными шпоночными фрезами (рис. 2.82, б). Сначала фрезу углубляют на величину  $t$  или на полную глубину паза, а затем включают продольную подачу  $S$  и фрезеруют паз на заданную длину. Фреза работает в этом случае в основном периферийной частью. При переточках диаметр ее уменьшается, поэтому размер паза по ширине получается неточным. В таких случаях шпоночные пазы обрабатывают за два-три рабочих хода.

Пазы для сегментных шпонок (рис. 2.82, в) обрабатывают на фрезерных станках стандартными дисковыми фрезами при подаче  $S$  (детали или фрезы) в направлении глубины паза.

#### **2.6.10.6. Настройка станков для фрезерования шпоночных пазов**

Для установки дисковой фрезы в диаметральной плоскости вала может быть применен способ настройки по лимбам

подачи. В этом случае вращающаяся фреза приводится в соприкосновение с валом (соприкосновение контролируется по меловой отметке, предварительно нанесенной на боковой поверхности вала). Затем стол опускается и смещается в поперечном направлении (с контролем по лимбу) на расстояние

$$A = (d + B)/2,$$

где  $d$  – диаметр вала, мм;  $B$  – ширина фрезы, мм.

Более точным является способ установки дисковой фрезы с помощью угольника и штангенциркуля или микрометра. Установив угольник (рис. 2.83, а), измеряют штангенциркулем расстояние  $A$ . Это расстояние заранее подсчитывают по формуле

$$A = T + (d + B)/2,$$

где  $T$  – ширина вертикальной полки угольника.

Затем устанавливают угольник с другой стороны вала (по-

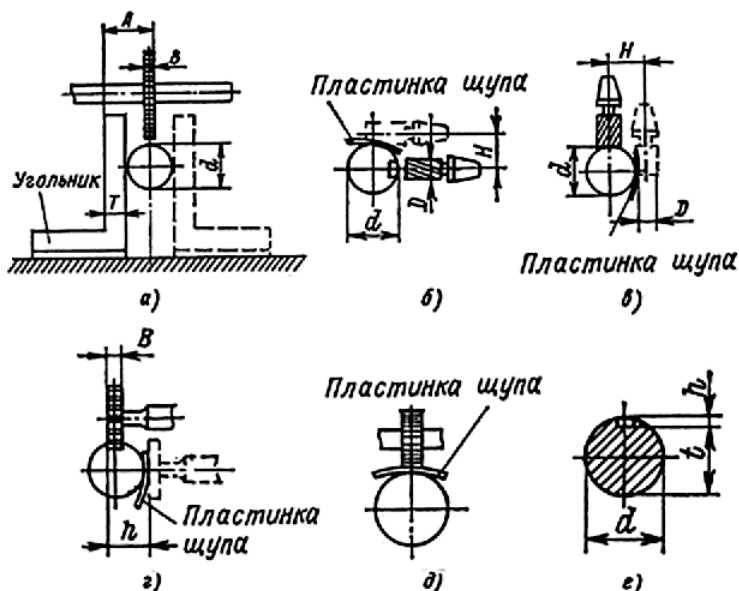


Рис. 2.83. Схемы настройки станков для фрезерования шпоночных пазов

казан штриховыми линиями) и еще раз проверяют таким же методом размер А. Если оба отсчета штангенциркуля сходятся, то фреза установлена точно.

Установка концевой шпоночной фрезы на горизонтально-фрезерном станке показана на рис. 2.83,б. При установке на горизонтально-фрезерном станке вал подводят к неподвижной фрезе (показана штриховыми линиями) так, чтобы пластинка щупа (0,02-0,03 мм), положенная на вал, оказалась слегка зажатой. После этого стол перемещают в поперечном направлении и, пользуясь лимбом, поднимают на высоту

$$H = d/2 + D/2t,$$

где  $d$  – диаметр вала, мм;  $D$  – диаметр фрезы, мм.

При установке на вертикально-фрезерном станке (рис. 2.83, в) вначале зажимают пластинку щупа, опускают стол, а затем перемещают стол с заготовкой на размер  $H$ , равный, как и в предыдущем случае, полусумме диаметров вала и фрезы.

Установку фрезы при фрезеровании гнезда под сегментную шпонку производят соответственно рис. 2.83, г. Перемещение стола после поджима пластинки и опускания стола производят на расстояние  $h = d/2 + B/2$ .

Установка инструмента на глубину гнезда (при фрезеровании в один рабочий ход) осуществляется следующим образом: поднимая стол, подводят вал к наружной цилиндрической поверхности дисковой фрезы (рис. 2.83, д) или к торцу концевой фрезы так, чтобы между фрезой и заготовкой оказалась бы зажатой пластина щупа. Затем, пользуясь лимбом вертикальной подачи, поднимают стол на необходимую вели-

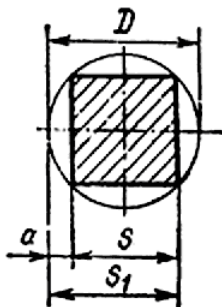


Рис. 2.84. Схема размеров для наладки станка

чину  $h$ , которая либо задана на чертеже, либо, если задан размер  $t$  (рис. 2.83,е), может быть вычислена по формуле

$$h = d - t.$$

### 2.6.10.7. Фрезерование квадратов

На рис. 2.84 сторона квадрата обозначена  $S$ . При фрезеровании первых двух граней квадрата пользуются размером  $S_1$ ; размером  $S$  – при фрезеровании третьей и четвертой граней.

Эти размеры определяют по формулам:

$$S = 0,707D,$$

$$S_1 = 0,854D,$$

где  $D$  – диаметр заготовки, мм.

Для ряда наиболее употребительных диаметров заготовки значения  $S$  и  $S_1$  приведены в табл. 2.14 (выборка).

Величина  $a$ , необходимая для настройки станка, определяется по формуле

$$a = 0,146D.$$

На эту величину должен быть сдвинут стол перед обработкой первой грани квадрата.

Таблица 2.14  
Размеры (мм) для настройки станка  
при фрезеровании квадратов

D	S	S <sub>1</sub>	a	D	S	S <sub>1</sub>	a	D	S	S <sub>1</sub>	a
4	2,12	5,98	1,03	16	11,31	14,52	2,50	26	18,38	23,06	3,97
7	4,95	6,83	1,17	17	12,02	15,37	2,64	27	19,09	23,91	4,11
8	5,66	7,69	1,33	18	12,73	16,23	2,80	28	19,80	25,62	4,41
9	6,36	8,54	1,47	19	13,43	17,08	2,94	30	21,21	27,33	4,71
10	7,07	9,39	1,61	20	14,14	17,93	3,08	32	22,62	28,18	4,85
11	7,78	10,25	1,77	21	14,85	18,79	3,24	33	23,33	29,04	5,00
12	8,48	11,10	1,91	22	15,55	19,64	3,38	34	24,04	29,89	5,14
13	9,19	11,96	2,06	23	16,26	20,50	3,53	35	24,75	30,74	5,14
14	9,90	12,81	2,21	24	16,97	21,35	3,67	36	25,45	32,45	5,29
15	10,60	13,66	2,35	25	17,68	22,20	3,82	38	26,87	34,16	5,58

### 2.6.10.8. Фрезерование шестигранников

При фрезеровании первых трех граней необходимо знать размер  $S_1$  (рис. 2.85), а при обработке четвертой, пятой и шестой граней – размер  $S$ .

Эти размеры вычисляются по формулам

$$S = 0,866D,$$

$$S_1 = 0,933D,$$

где  $D$  – диаметр заготовки, мм.

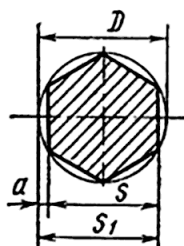


Рис. 2.85. Схема размеров для наладки станка

Таблица 2.15

Размеры (мм) для настройки станка при фрезеровании шестигранников

D	S	S <sub>1</sub>	a	D	S	S <sub>1</sub>	a	D	S	S <sub>1</sub>	a
3	2,60	2,80	0,20	16	13,86	14,93	1,07	30	25,98	27,99	2,01
4	3,46	3,73	0,27	17	14,72	15,86	1,14	32	27,71	29,86	2,15
5	4,34	4,67	0,34	18	15,59	16,79	1,20	33	28,58	30,79	2,21
6	5,20	5,60	0,40	19	16,45	17,73	1,28	34	29,44	31,72	2,28
7	6,06	6,53	0,47	20	17,32	18,66	1,34	35	30,31	32,66	2,35
8	6,93	7,46	0,53	21	18,19	19,59	1,40	36	31,18	33,59	2,41
9	7,79	8,40	0,61	22	19,05	20,53	1,48	38	32,91	35,45	2,54
10	8,66	9,33	0,67	23	19,92	21,46	1,54	40	34,64	37,32	2,68
11	9,53	10,26	0,73	24	20,78	22,39	1,61	42	36,37	39,19	2,82
12	10,39	11,20	0,81	25	21,65	23,33	1,68	44	38,10	41,05	2,95
13	11,26	12,13	0,87	26	22,52	24,26	1,74	45	38,97	41,99	3,02
14	12,12	13,06	0,94	27	23,38	25,19	1,81	46	39,84	42,92	3,08
15	12,99	14,00	1,01	28	24,25	26,12	1,87	48	41,57	44,78	3,21

Величина  $a$ , необходимая для настройки станка, определяется по формуле

$$a = 0,067D.$$

На эту величину должен быть сдвинут стол перед обработкой первой грани шестигранника.

Размеры, необходимые для настройки станка при фрезеровании шестигранников, в наиболее часто встречающихся в практике случаях приведены в табл. 2.15 (выборка).

#### **2.6.10.9. Фрезерование винтовых канавок**

Обработка винтовых канавок производится на универсально-фрезерных и широкоуниверсальных инструментальных фрезерных станках.

Винтовая канавка может быть получена при вращении заготовки вокруг своей оси с одновременным ее перемещением параллельно этой оси.

При фрезеровании винтовой канавки деталь устанавливается между центрами делительной головки так, чтобы ее ось была параллельна оси стола. Стол должен быть повернут с учетом направления винтовой канавки – плоскостью вращения фрезы; перемещение стола (подача) должно происходить в направлении его оси. Частота вращения заготовки должна быть согласована с продольной подачей. Вращение детали должно передаваться через гитару сменных колес делительной головки, соединенной с ходовым винтом продольной подачи стола.

При настройке необходимо определить величину и направление поворота стола; определить число зубьев сменных зубчатых колес, обеспечивающее необходимое вращение обрабатываемой детали.

Угол наклона винтовой канавки, равный углу поворота стола  $\omega$ , определяется по формуле

$$\operatorname{tg} \omega = \pi \frac{D}{H},$$

где  $D$  – диаметр детали, мм;  $H$  – шаг винтовой линии, мм.

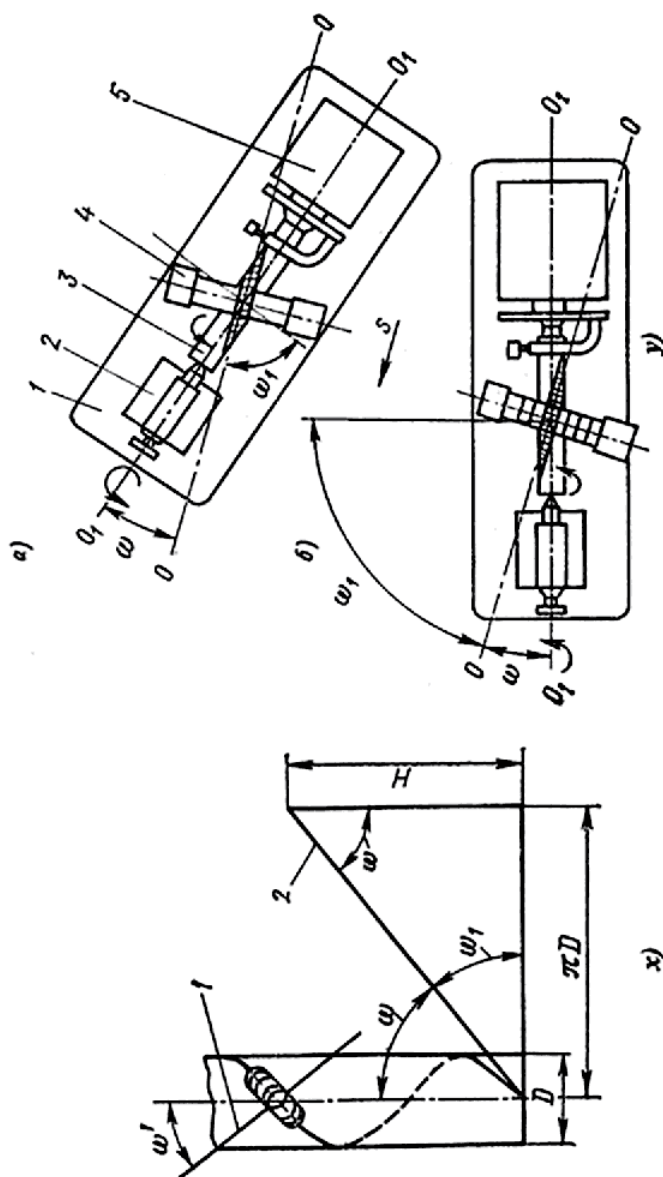


Рис. 2.86. Схема наладки станка:  
 х – расположение детали и фрезы; 1 – ось фрезерной оправки; 2 – развертка винтовой линии;  
 у – поворот стола для фрезерования винтовых левых (а) и правых (б) канавок;  
 1 – стол; 2 – задняя бабка; 3 – заготовка; 4 – шпиндель с фрезой; 5 – делительная головка



Т а б л и ц а 2.16

**Значение угла  $\omega$  (град) поворота стола  
для фрезерования винтовых канавок**

H/D	$\omega$	H/D	$\omega$	H/D	$\omega$	H/D	$\omega$
3,15	45°	3,55	41°30'	3,95	38°30'	4,35	35°45'
3,20	44°30'	3,60	41°	4,00	38°15'	4,40	35°30'
3,25	44°	3,65	40°45'	4,05	37°45'	4,45	35°15'
3,30	43°30'	3,70	40°15'	4,10	37°30'	4,50	35°
3,35	43°15'	3,75	40°	4,15	37°	4,60	34°15'
3,40	42°45'	3,80	39°30'	4,20	36°45'	4,70	33°45'
3,45	42°15'	3,85	39°15'	4,25	36°30'	4,80	33°15'
3,50	42°	3,90	38°45'	4,30	36°15'	4,90	32°45'

На рис. 2.86, х показано взаимное расположение детали и фрезы при фрезеровании винтовой канавки. Если задан угол подъема винтовой канавки  $\omega_1$ , (рис. 2.86, у), то угол поворота стола  $\omega$  определяют по формуле

$$\omega = 90 - \omega_1.$$

В целях уменьшения шероховатости поверхности винтовой канавки угол поворота стола берут на 1...2° больше значения  $\omega$  (для правой винтовой поверхности).

При фрезеровании канавок правого направления стол следует повернуть против часовой стрелки, а левого направления – по часовой стрелке.

В табл. 2.16 (выборка) приведены углы поворота стола и для часто встречающихся отношений H/D.

Если в таблице не указано искомое значение отношения H/D, то угол поворота стола принимают по имеющемуся в таблице ближайшему отношению. Получаемая при этом ошибка лежит в пределах точности отсчета угла поворота стола и является допустимой.

#### **2.6.10.10. Фрезерование зубчатых колес с прямым зубом**

Фрезерование зубчатых колес с прямым зубом (рис. 2.87) выполняют на горизонтальных фрезерных станках дисковыми модульными фрезами; заготовка закрепляется в делительной головке. Фрезерование выполняют единичным делением,

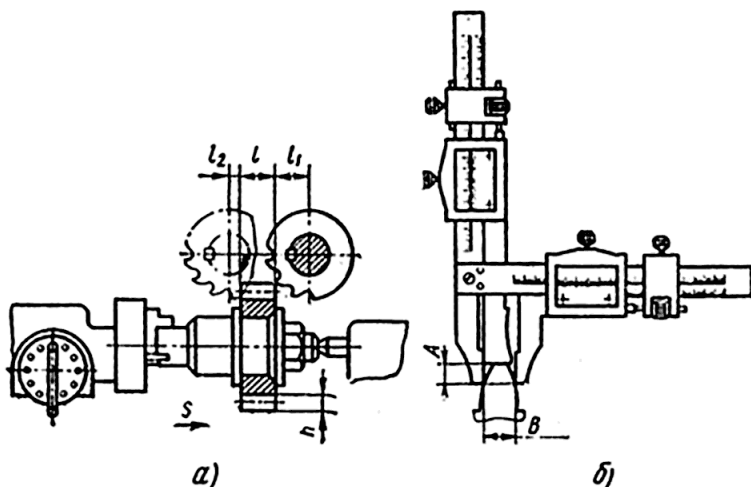


Рис. 2.87. Схемы фрезерования зубьев шестерен (а) и контроля толщины зубьев (б):

1 – длина нарезаемого зуба;  $l_1$  – расстояние в исходной позиции фрезы;  
 $l_2 = 2-4$  мм – расстояние для выхода фрезы

которое заключается в том, что с помощью делительной головки заготовка смещается по окружности в позицию для фрезерования следующей впадины между зубьями.

Эвольвентный профиль каждого зубчатого колеса зависит от его модуля  $m$  и числа зубьев  $z$ , т. е. для получения каждого зубчатого колеса с заданными значениями  $m$  и  $z$  применяют специальные дисковые модульные фрезы.

Дисковые модульные фрезы изготовляют для каждого модуля комплектами, состоящими из 8 (грубый комплект), 15 (средний комплект) и 26 (точный комплект) фрез.

Каждая фреза комплекта используется для изготовления нескольких зубчатых колес с разными числами зубьев. На каждой фрезе комплекта маркируются модуль и номер фрезы. Для модуля 2-4 мм значения допускаемых биений фрез: радиальных – 0,06-0,08 мм и торцевых – 0,06 мм; для модуля 5-8 мм значения допускаемых биений фрез: радиальных – 0,09-0,1 мм и торцевых – 0,08 мм.

При фрезеровании зуба дисковой модульной фрезой величина глубины фрезерования устанавливается равной  $h = 2,2 m$  при  $m > 1$  и  $h = 2,25 m$  при  $m \leq 1$  (табл. 2.17).

Т а б л и ц а 2.17

**Глубина фрезерования зубчатых колес  
при 20° эвольвентном зацеплении (выборка)**

Модуль m, мм	№ комплекта фрез							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Глубина фрезерования, мм							
1,00	2,23	2,23	2,22	2,22	2,21	2,21	2,20	2,20
1,25	2,79	2,78	2,78	2,77	2,77	2,76	2,75	2,75
1,50	3,35	3,34	3,33	3,33	3,32	3,31	3,30	3,30
2,00	4,45	4,45	4,44	4,43	4,42	4,41	4,40	4,39
2,50	5,58	5,57	5,55	5,54	5,53	5,52	5,51	5,50
3,00	6,70	6,68	6,66	6,65	6,64	6,62	6,61	6,60
4,00	8,93	8,91	8,89	8,87	8,85	8,83	8,81	8,80
5,00	11,16	11,14	11,11	11,08	11,06	11,04	11,02	11,00
6,00	13,39	13,36	13,34	13,30	13,27	13,24	13,22	13,20
7,00	15,63	15,59	15,55	15,52	15,48	15,45	15,42	15,40
8,00	17,85	17,82	17,78	17,72	17,70	17,66	17,62	17,60

Т а б л и ц а 2.18

**Наибольшее допустимое биение (мм) зубчатого колеса**

Степень точности колеса	Радиальное биение по окружности выступов					Биение базового торца			
	при диаметре колеса, мм								
	До 50	50... 80	80... 120	120... 200	200... 300	До 50	50... 120	100... 200	200... 400
8	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,04	0,05	0,07	0,08
9	0,05	0,06	0,08	0,09	0,1	0,05	0,06	0,08	0,1

При измерении толщины зубьев зубчатого колеса обычно применяют штангензубомер. Установка штангензубомера для проверки зуба производится по значениям А и Б, определяемым по справочным таблицам.

Наибольшие значения допустимого биения венца обрабатываемого зубчатого колеса приведены в табл. 2.18.

**2.6.10.11. Фрезерование зубчатых колес  
с винтовым зубом**

Фрезерование зубчатых колес с винтовым зубом выполняют на универсальных фрезерных станках. Для настройки

станка на нарезание винтовых канавок стол поворачивают в горизонтальной плоскости в нужную сторону на угол, равный углу наклона зубьев фрезеруемого колеса. Винт продольной подачи через гитару сменных колес соединяется с валиком привода делительной головки. Сменные зубчатые колеса подбираются по таблице наладки станка. Если шаг  $H$  (мм) винтовой канавки не указан на чертеже, его определяют по формуле

$$H = D_p \operatorname{ctg} \beta,$$

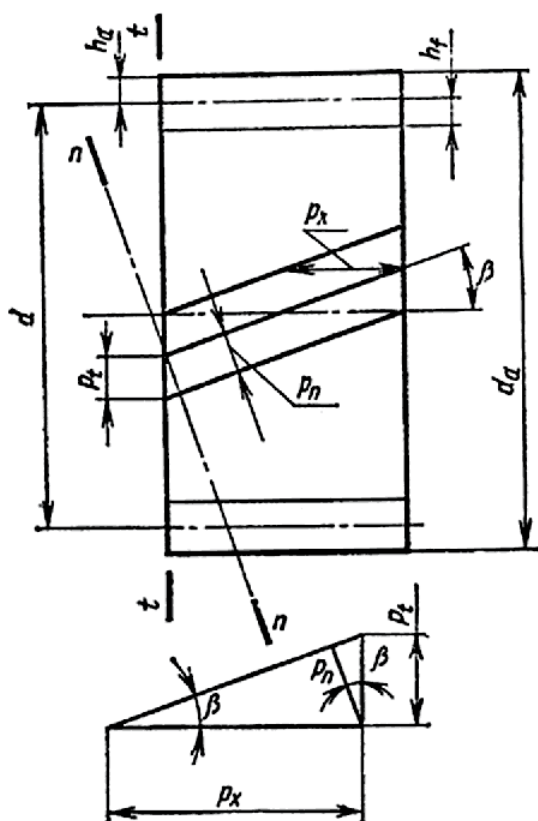


Рис. 2.88. Элементы косозубой шестерни для настройки станка

где  $D_3$  – диаметр делительной окружности зубчатого колеса, мм;  $\beta$  – угол наклона зуба, равный углу поворота стола  $\omega$  (рис. 2.88).

Модуль фрезы должен быть равен нормальному модулю  $m_n$  нарезаемого колеса. Затем определяют число зубьев косозубого колеса, приведенное числу зубьев прямозубого колеса по формуле

$$z_{np} = z_c / \cos^3 \beta.$$

По приведенному числу зубьев колеса и требуемой точности выбирают номер комплекта фрез.

#### 2.6.10.12. Фрезерование пазов типа «ласточкин хвост»

Фрезерование пазов типа «ласточкин хвост» (рис. 2.89), обычно выполняемых на вертикально-фрезерных или продольно-фрезерных станках, осуществляется в два перехода. Вначале цилиндрической или концевой фрезой фрезеруют прямоугольный паз размером  $B \times C$ , затем специальной концевой

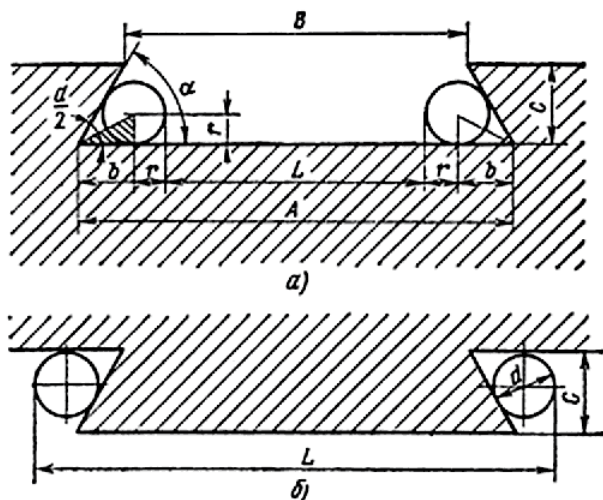


Рис. 2.89. Паз типа «ласточкин хвост» (а) и направляющая типа «ласточкин хвост» (б)

вой фрезой для пазов типа «ласточкин хвост» фрезеруют скосы паза.

Контроль и измерение пазов обычно ведутся с помощью специальных шаблонов, позволяющих контролировать угол наклона боковых сторон, их симметричность и высоту паза.

Непосредственное измерение размера А практически невозможно. Контроль ведется с помощью штангенциркуля со специальными губками для измерения пазов и направляющих поверхностей типа «ласточкин хвост». Штангенциркуль имеет специальные губки с углом  $\alpha$ , равным 45, 50, 55 и 60°.

В ряде случаев приходится прибегать к более сложному косвенному измерению. Так, для определения ширины паза между скошенными поверхностями применяют два калиброванных ролика, номинальные диаметры которых могут выбираться относительно широко, лишь бы толщина набора концевых мер – размер L (рис. 2.89, а) – оказалась меньше размера В.

Для определения ширины паза пользуются двумя калиброванными валиками, которые кладутся в углы паза, и производится измерение размера между валиками по схемам, приведенным на рис. 8.5, с помощью концевых мер или штангенциркулем.

*Пример.* Требуется найти размеры L и В, если заданы размеры паза типа «ласточкин хвост»: А = 120 мм, С = 20 мм,  $\alpha = 55^\circ$ .

Если выбрать диаметр измерительных валиков равным 15 мм, то в этом случае (рис. 2.89, а), для детали, имеющей паз

$$b = r \operatorname{ctg}(\alpha/2) = 7,5 \cdot 1,921 = 14,4075 \text{ мм},$$

$$L = A - 2b - 2r = 120 - 28,8 - 15 = 76,2 \text{ мм},$$

$$B = A - 2 \cdot 20 \operatorname{tg} 55^\circ = 91,99 \text{ мм}.$$

Для сопряженной детали при А = 120 мм; С = 18 мм;  $\alpha = 55^\circ$

$$B = A - 2C \operatorname{ctg} \alpha = 120 - 2 \cdot 18 \cdot 1,921 = 94,79 \text{ мм},$$

$$L = B + 2r + 2b = B + 2r + 2C \operatorname{ctg} \alpha = 94,97 + 2 \cdot 7,5 \cdot 1,921 + 15 = 138,61 \text{ мм}.$$

### 2.6.10.13. Фрезерование Т-образных пазов

Профиль Т-образного паза образовывается за три перехода, обычно выполняемых на вертикально-фрезерных или продольно-фрезерных станках.

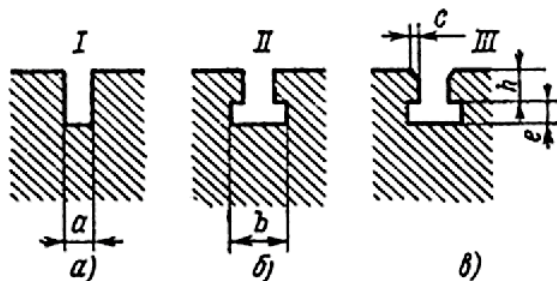


Рис. 2.90. Схема последовательности обработки Т-образного паза

Первый переход (рис. 2.90, а) заключается в фрезеровании концевой или дисковой трехсторонней фрезой паза за один рабочий ход по ширине  $a$  и на глубину  $(h + e)$ . Второй переход (рис. 2.90, б) состоит из фрезерования за один рабочий ход Т-образной концевой фрезой соответствующего размера симметричных прямоугольных внутренних пазов на размер  $b$  по ширине,  $e$  по высоте. Третий переход (рис. 2.90, в) используется для фрезерования фасок с  $\alpha = 45^\circ$  вдоль кромок паза угловой концевой или дисковой угловой фрезой. Размеры Т-образных пазов приведены в табл. 2.19.

### 2.6.11. Основные правила техники безопасности при работе на фрезерных станках

Обеспечение безопасной эксплуатации станков является важнейшим условием правильной организации рабочего места. Каждый фрезеровщик должен получить инструктаж по технике безопасности и строго соблюдать ее основные требования.

*Перед началом работы необходимо:*

1) привести в порядок рабочую одежду, т. е. застегнуть или обхватить широкой резинкой манжеты (обшлага) рукавов, заправить одежду так, чтобы не было развевающихся концов; убрать волосы под плотно надетый головной убор или косынку;

2) убедиться в исправности станка, инструмента, приспособлений, ограждений, а также предохранительных и заземляющих устройств со стороны электропитания;

Таблица 2.19

## Размеры Т-образных пазов

Номинальный размер паза а, мм	Размеры, мм						
	b		e		h		С
	номинальный размер	допускаемые отклонения	номинальный размер	допускаемые отклонения	наименьший	наибольший	
10	16	1,5	7	0,5	6	13	1,0
12	20	1,5	9	0,5	8	15	1,0
14	24	1,5	11	0,5	10	18	1,0
18	30	2,0	14	1,0	13	23	1,5
22	36	2,0	16	1,0	16	28	1,5
28	46	3,0	20	2,0	21	36	2,0
36	60	3,0	25	2,0	27	46	2,0

3) проверить на холостом ходу станка исправность действий органов управления, системы смазки и охлаждения, фиксацию рычагов включения и переключения; периодически проверять правильность работы блокировочных устройств;

4) немедленно заявить мастеру обо всех обнаруженных неисправностях станка, инструмента, приспособлений, электрооборудования; до устранения неисправностей к работе не приступать; самостоятельно ремонтировать или переделывать детали и части станка не разрешается;

5) удобно установить тару под заготовки и обработанные изделия; проверить исправность подножной решетки, настила и отсутствие на них мест, залитых маслом.

*Во время работы следует:*

1) производить установку и съем тяжелых заготовок и приспособлений (с массой более 20 кг) в рукавицах, только с помощью подъемных устройств; освобождать заготовку от подвески разрешается только после ее установки и надежно-го закрепления на станке;

2) не нарушать правило, запрещающее работать на станке в рукавицах или перчатках, а также с забинтованными пальцами, не защищенными резиновыми напальчниками;

3) надежно и жестко закреплять приспособления, инструменты и заготовки на станке;

4) в целях предотвращения травм рук, поломки фрез и порчи поверхности стола станка тяжелые фрезы 2 (рис. 2.91, а)



перед установкой в шпиндель предварительно ставятся на специальной деревянной подставке 3 (в крайнем случае, на мерном отрезке толстой доски) на стол 6 станка.

Затем, скользя вместе с ней по поверхности стола или перемещая стол и консоль, центрируют фрезу по оси отверстия шпинделя 1. Ручным перемещением гильзы или ползуна 5 шпинделя, а на горизонтальных станках – перемещениями стола 2 (рис. 2.91, б) конус оправки фрезы 4 вводят в конусное отверстие шпинделя 1 и затем ручным завинчиванием (в резьбовое отверстие оправки) или механизированным зажимом фреза закрепляется;

5) во избежание травм из-за поломки инструмента необходимо: а) включать сначала вращение шпинделя (фрезы) и лишь затем подачу, осуществляя это до контакта инструмента с заготовкой; б) перед остановкой станка выключить сначала подачу и отвести фрезу от заготовки, затем выключить вращение шпинделя;

6) при возникновении вибрации станок остановить и принять меры к их устранению (проверить закрепление и состояние фрезы, заготовки, изменить режим резания);

7) при фрезеровании использовать защитные устройства, прозрачные защитные экраны или индивидуальные щитки-очки;

8) недопустимо производить измерения заготовки в процессе ее фрезерования;

9) вытирать руки только чистой, ранее не применявшейся ветошью, так как мелкой стружкой, оставшейся в ветоши, ко-

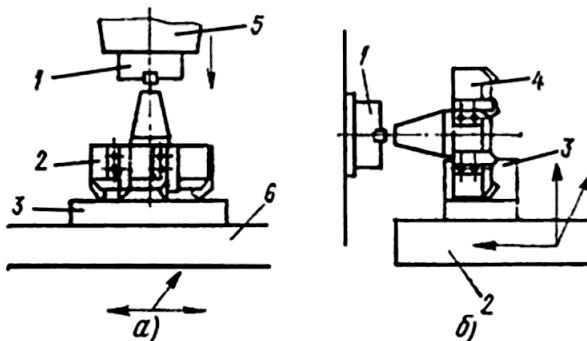


Рис. 2.91. Способы установки на станке крупных и тяжелых фрез

## Глава 2. Обработка деталей на станках лезвийным инструментом

торой раньше вытирался инструмент или станок, можно поранить руки;

10) не облакачиваться на станок во время работы;

11) обязательно остановить станок и выключить электродвигатель, прежде чем покинуть рабочее место даже на короткое время, а также при прекращении подачи электроэнергии, уборке, смазке и чистке станка, обнаружении какой-либо неисправности и др.;

12) удалять стружку с заготовки и станка только специальными крючками и щетками-сметками.

*По окончании работы требуется:*

1) выключить станок и электродвигатель;

2) привести в порядок рабочее место, очистить станок от стружки, сложить инструмент в отведенное место, аккуратно сложить заготовки и изделия;

3) смазать трущиеся части станка;

4) сдать станок сменщику или мастеру и сообщить о замеченных неисправностях и мерах, принятых по их устранению.

## Глава 3 ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ НА СТАНКАХ АБРАЗИВНЫМ ИНСТРУМЕНТОМ

### 3.1. ОСНОВЫ ТЕОРИИ РЕЗАНИЯ МЕТАЛЛОВ АБРАЗИВНЫМ ИНСТРУМЕНТОМ

#### 3.1.1. Шлифование

Это один из прогрессивных и универсальных методов окончательной обработки различных поверхностей деталей машин, к которым предъявляются высокие требования по точности размеров, геометрической формы и качеству обработки поверхности.

Снятие припуска (слоя металла) с обрабатываемой поверхности инструмента абразивным кругом представляет собой процесс с высокой скоростью шлифования мельчайшими режущими кромками абразивных зерен.

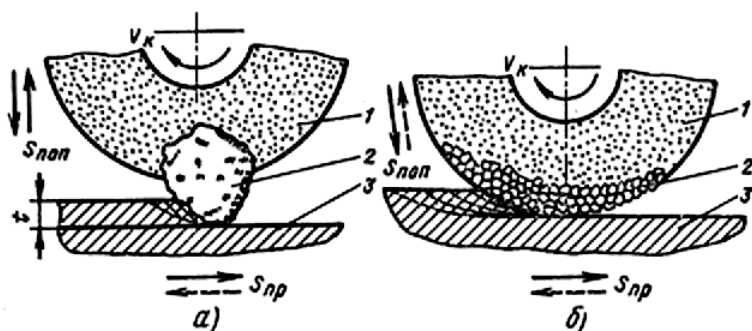


Рис. 3.1. Схемы резания:

а – абразивным зерном; б – шлифовальным кругом;

$S_{np}$  и  $S_{пн}$  – соответственно, продольная и поперечная подачи стола станка;

$v$  – скорость вращения круга

Абразивные зерна, участвующие в работе, испытывают периодическое силовое, тепловое и химическое воздействие в момент контакта с обрабатываемой поверхностью. В результате такого воздействия происходит истирание режущих кромок зерен и появление площадок износа, скалывание режущих кромок, вырывание целых зерен из связки круга, налипание частиц металла на вершинах режущих кромок и заполнение пор круга металлической стружкой.

Такое явление называют *засаливанием круга*. Шлифующие свойства такого круга ухудшаются, нарушается его правильная форма. Чтобы восстановить первоначальное состояние круга, необходима его правка. Приведение рабочей поверхности круга в работоспособное состояние называется *правкой*.

Под *стойкостью* понимают способность шлифовального круга сопротивляться засаливанию и затуплению его при абразивной обработке.

*Период стойкости* – время работы круга между двумя последовательными правками, в течение которого круг соответствует заданным требованиям.

Стойкость круга связана с *самозатачиваемостью*, т. е. свойством шлифовального круга сохранять работоспособное состояние вследствие образования новых выступов и режущих кромок у абразивных зерен.

Режущая способность шлифовального круга характеризуется отношением наработки круга к времени резания.

Схемы резания абразивным зерном и кругом приведены на рис. 3.1.

Снятие металла абразивным зерном 2 круга 1 происходит в две операции (рис. 3.1, а): вначале абразивное зерно, приближаясь к обрабатываемой поверхности детали 3, острой кромкой скользит с большим трением по поверхности и вминается или врезается в металл заготовки вследствие нарастания радиальной силы, затем, в момент, когда силы резания превысят предел прочности обрабатываемого материала, абразивное зерно отделяет стружку.

Образование стружки при шлифовании сопровождается интенсивным тепловым процессом, который отличается мгновенностью нагрева, высокими температурами (800-900°С и выше в обычных условиях шлифования) и большой концентрацией тепла в зоне мгновенного контакта поверхностей инструмента и обрабатываемого металла. Под влиянием этих

условий, а также значительных давлений в поверхностном слое, помимо деформации зерен металла могут происходить заметные структурные, а нередко и фазовые изменения. Характер этих изменений и зона их распространения определяются условиями шлифования и свойствами заготовки (свойствами обрабатываемого материала, размеры и форма изделия и др.).

При шлифовании в нормальных условиях глубина слоя металла с измененной микроструктурой находится в пределах от 2 до 20 мкм.

При неправильном ведении процесса шлифования (неподходящая характеристика круга, режим резания и др.) глубина дефектного слоя закаленной стали доходит до 1-2 мм.

С увеличением интенсивности съема  $Q_m$  увеличивается количество теплоты, выделяющейся в зоне резания. Наличие высоких температур в зоне резания может привести к изменению структуры поверхностного слоя шлифуемой заготовки, прижогам и трещинам, тепловым деформациям и т.д.

Рабочий цикл шлифования обычно выполняют в три этапа. На первом этапе производят съем припуска с обрабатываемой поверхности (рис. 3.1, б) с поперечной подачей (черновой) –  $S_{\text{поп}}$ , которая ограничивается жесткостью **упругой замкнутой технологической системы** станок – приспособление – инструмент – деталь и режущей способностью круга. На втором этапе интенсивность съема снижают уменьшением подачи (чистовой) и обеспечивают размер обрабатываемой поверхности, близкий к заданному. На третьем этапе подачу выключают и за счет остаточных деформаций производят шлифование с малыми съемами металла до получения окончательного размера и заданной шероховатости (выхаживание).

Назначение шлифования: доведение изделий до заданных размеров, формы, микронеровностей и шероховатости поверхности; отделка поверхности под защитные и декоративные покрытия; обдирка литья, поковок и проката; заточка режущего инструмента, отрезка и др.

### **3.1.2. Назначение режимов шлифования**

Назначение режимов шлифования и определение основного времени производится в несколько этапов. В первую очередь необходимо выявить исходные данные.

1. По обрабатываемой детали: размеры обрабатываемой поверхности, марку стали, твердость по HRC и обрабатываемость.

2. По качеству поверхности: требования к шероховатости обрабатываемой поверхности, склонность стали к появлению прижогов и трещин.

3. По точности обработки: допуски на размер (кавалитет) и на погрешности геометрической формы и положения.

4. Припуски на обработку.

5. Метод шлифования: с поперечной, продольной подачей и др.

6. Модель и основные характеристики станка – число оборотов круга и значения подач и др.

7. Мощность привода круга (кВт).

### 3.2. ШЛИФОВАЛЬНЫЕ КРУГИ

Шлифовальные круги изготовляют из зерен абразивного материала, скрепленных между собой связкой (рис. 3.2). В связке между зернами имеются полости – поры. От связки абразивно-



Рис. 3.2. Структура шлифовального круга под микроскопом:  
1 – абразивные зерна; 2 – связка; 3 – поры

го инструмента зависят интенсивность съема материала деталей, качество обработки, износ инструмента. Твердость абразивного инструмента – свойство связки оказывать сопротивление прониканию в абразивный инструмент другого тела.

Наибольшее применение в настоящее время получили искусственные электрокорундовые абразивные материалы, так как они обладают более высокими и стабильными качествами.

Электрокорунд получают при плавке шихты, составленной из естественных бокситов и других веществ, представляет собой корунд с незначительными примесями других минералов, и выпускают следующие разновидности: электрокорунд нормальный, электрокорунд белый и др.

Электрокорунд *нормальный*, получающийся в процессе плавки боксита в электродуговых печах, содержит главным образом оксид алюминия  $Al_2O_3$ . В зависимости от содержания оксида алюминия, а также различных примесей электрокорунд нормальный выпускают марок 13А, 14А и 15А (основную массу зерна выпускают марки 15А). Цвет зерен – от розового и светло-коричневого до темно-коричневого.

Круги из электрокорунда нормального широко применяют в обдирочных и черновых операциях обработки заготовок из материалов, имеющих высокий предел прочности на растяжение.

Электрокорунд *белый* получают в процессе плавки глинозема в электродуговых печах. Содержание оксида алюминия в нем от 98 до 99%, т. е. значительно выше, чем в электрокорунде нормальном. Электрокорунд белый имеет маркировку 23А, 24А и 25А. В настоящее время этот электрокорунд в основном выпускают марок 24А и 25А с содержанием  $Al_2O_3$  99% и выше. Цвет зерен – бело-розовый или белый.

Круги из электрокорунда белого применяют в основном на чистовых и отделочных операциях обработки заготовок из закаленных сталей и инструментов из углеродистых, быстрорежущих, легированных и нержавеющей сталей. Абразивные зерна из электрокорунда белого имеют более высокую износостойкость по сравнению с зернами из электрокорунда нормального, большую хрупкость, в процессе шлифования выделяют меньшее количество теплоты и поэтому используются во всех случаях, где имеется опасность образования трещин и прижогов.

Кубический нитрид бора, который обладает весьма большой твердостью (царапает алмаз) и уникальными абразивными свойствами. Абразивный материал из кубического нитри-

да бора выпускают под названием эльбор (условное обозначение Л). Теоретическая плотность эльбора меньше плотности алмаза (3,48 и 3,51 г/см<sup>3</sup> соответственно).

Природный алмаз, состоящий из углерода с незначительным количеством примесей, является минералом, добываемым из коренных или россыпных месторождений. Алмаз хрупок, но обладает наибольшей твердостью из всех известных веществ. Он способен царапать любые минералы и вещества, встречающиеся в природе.

Синтетические алмазы получают путем синтеза.

Природный алмаз имеет условное обозначение А, синтетические – АС, синтетические поликристаллические материалы – АР (АРВ1, АРК4, АРС3) с добавлением условного обозначения типа алмазного поликристалла.

Круги из природных и синтетических алмазов применяют для заточки твердосплавных лезвийных инструментов, обработки заготовок из твердого сплава, технического стекла и керамики, для обработки камня, бетона и твердосплавных элементов правящего и бурового инструмента.

Для обработки труднообрабатываемых инструментальных сталей и сплавов используют эльбор.

### **3.2.1. Выбор круга по зернистости**

Выбор зависит от вида шлифования, требуемой шероховатости поверхности, точности обработки шлифуемого материала и величины снимаемого припуска. Наиболее широко применяют абразивные круги средней зернистости 40-16, которые обеспечивают высокую производительность при достижении требуемой шероховатости поверхности и точности обработки.

Номер зернистости круга следует увеличивать (т. е. применять более крупнозернистые круги) в следующих случаях: при увеличении припусков на обработку; для уменьшения опасности засаливания кругов и появления прижогов на заготовке; для повышения производительности шлифования; при увеличении окружной скорости шлифовального круга и др.

### **3.2.2. Связка абразивных инструментов**

Вещество или совокупность веществ, применяемых для закрепления абразивных зерен в инструменте, называют связ-



кой. Механизм закрепления зависит от характера взаимодействия связки с зернами. В зависимости от химического состава и физических свойств веществ, входящих в связку, различают органические, минеральные (керамические) и металлические связки.

К органическим связкам относят бакелитовую, вулканитовую, эпоксидную, глифталевою и др. В бакелитовой связке в качестве связующего компонента используют порошкообразный или жидкий бакелит с соответствующими наполнителями и увлажнителями.

Инструмент на **бакелитовых связках** обладает более высокой прочностью на сжатие по сравнению с керамикой. Круги на бакелитовой связке, армированные стеклосеткой, работают на очень высоких скоростях (80 м/с и более). При достаточно длительном воздействии температуры 250-300°C бакелитовая связка выгорает, при 200°C и выше становится хрупкой и круги быстро срабатываются. Работа кругами на бакелитовой связке часто ведется без охлаждения.

**Вулканитовая связка** по сравнению с другими является более плотной и эластичной, что вызывает повышенный нагрев обрабатываемой заготовки. Теплостойкость каучука низкая (150-180°C). Создать большие давления при шлифовании кругами на вулканитовой связке нельзя, так как зерна углубляются в связку. Эластичность связки позволяет создавать очень тонкие отрезные круги при значительном диаметре (десятые доли миллиметра по толщине при диаметре 150-200 мм). Вулканитовую связку выпускают нескольких разновидностей: В, В1, В2, В3.

Абразивные инструменты на вулканитовой связке, имеющие сравнительно большую упругость и плотность, хорошую водоупорность, но обладающие несколько меньшей прочностью и теплостойкостью, широко применяют при прорезных и отрезных работах и для получения малой шероховатости поверхности.

**Керамические связки** являются многокомпонентными смесями огнеупорной глины, полевого шпата, борного стекла, талька и других минеральных материалов, составленными по определенной рецептуре с добавками клеящих веществ – растворимого стекла, декстрина и др. **Плавающие керамические связки** К1, К5, К8 обеспечивают прочное закрепление зерен из электрокорундовых материалов, вступая с ними в

химическое взаимодействие. По своему составу и состоянию они являются стеклами.

Недостатком керамической связки является ее высокая хрупкость. Круги на керамической связке обладают высокими прочностью, теплостойкостью и жесткостью, имеют универсальное применение и используются для разнообразных шлифовальных операций. Однако из-за повышенной хрупкости их не применяют при ударной нагрузке и малой высоте круга. Тонкие круги (толщиной менее 3 мм) легко ломаются от боковой нагрузки.

**Металлические связки** представляют собой сплавы меди, олова, цинка, алюминия, никеля и других элементов и используются в основном для алмазных инструментов.

### **3.2.3. Твердость абразивных инструментов**

Величина, характеризующая свойство абразивного инструмента сопротивляться нарушению сцепления между зернами и связкой при сохранении характеристик инструмента в пределах установленных норм, называется твердостью абразивного инструмента. Это свойство абразивного инструмента характеризуется определенными показателями, которые выбирают в зависимости от метода оценки твердости. Установлены шкала степеней твердости инструмента и их условные обозначения: весьма мягкий – ВМ, мягкий – М, среднемягкий – СМ, средний – С, среднетвердый – СТ, твердый – Т, весьма твердый – ВТ, чрезвычайно твердый – ЧТ.

Мягкие и среднемягкие (М2 – СМ2) круги применяют для плоского шлифования торцом круга (на бакелитовой связке), периферией круга (на керамической связке); шлифования заготовок и заточка инструментов из твердых сплавов, минералокерамики и закаленных углеродистых и легированных сталей; шлифования цветных металлов и сплавов.

Среднемягкие и средние (СМ2 – С2) круги применяют для чистового (круглого, бесцентрового, внутреннего, плоского периферией круга) шлифования заготовок из закаленных сталей; шлифования резьб с крупным шагом; заточки инструментов.

Средние и среднетвердые (С2 – СТ2) круги применяют для шлифования (круглого, бесцентрового, профильного, резьбошлифованного) заготовок из незакаленных углеродистых и

легированных сталей и сплавов, чугуна и других вязких металлов и материалов; плоского шлифования сегментами.

Среднетвердые и твердые (СТ2 – Т2) круги применяют для шлифования обдирочного и предварительного шлифования; шлифования фасонных профилей, прерывистых поверхностей, заготовок малого диаметра; снятия заусенцев на поковках и литье; отрезки; бесцентрового шлифования.

#### **3.2.4. Форма шлифовального круга**

Форму выбирают в зависимости от станка, на котором выполняют шлифовальную операцию, от формы шлифуемой поверхности и от метода ее шлифования (рис. 3.3).

Весьма твердые и чрезвычайно твердые (ВТ – ЧТ) круги применяют для правки методом обкатки и шлифования; шлифования заготовок приборов с малым съемом материала (часовые механизмы); шлифования шариков для подшипников.

Маркировка шлифовальных кругов – условные обозначения кругов, располагаемые в определенной последовательности: например, 24А 12 СМ1 5 К5 = электрокорунд белый 24А, зернистость 12, твердость СМ1, номер структуры 5, связка керамическая К5.

#### **3.2.5. Подготовка к установке шлифовального круга на станок**

Подготовка к установке шлифовального круга на шпиндель станка должна производиться очень внимательно. Прежде всего необходимо убедиться, что абразивный круг на керамической связке прошел предварительные испытания на разрыв (для кругов  $D = 150$  мм и более), проверить, нет ли на круге трещин или раковин, и убедиться, издает ли он чистый (без дребезжания) звук при простукивании деревянным молотком. Неточно выверенный и неправильно закрепленный круг может разорваться во время работы и вызвать травму рабочего.

Круг узкий 2 или широкий 4 устанавливают на втулке фланцев (рис. 3.4, а) или на планшайбе (рис. 3.4, б) с зазором 0,3–0,5 мм по внутреннему диаметру и крепят с помощью гайки 1, фланца 2, прокладок 5 и планшайбы 7 (для круга с  $d_1 = 100$ –150 и более). Неодинаковые по размеру или погнутые планшайбы при затягивании гаек создают неравномерное давле-

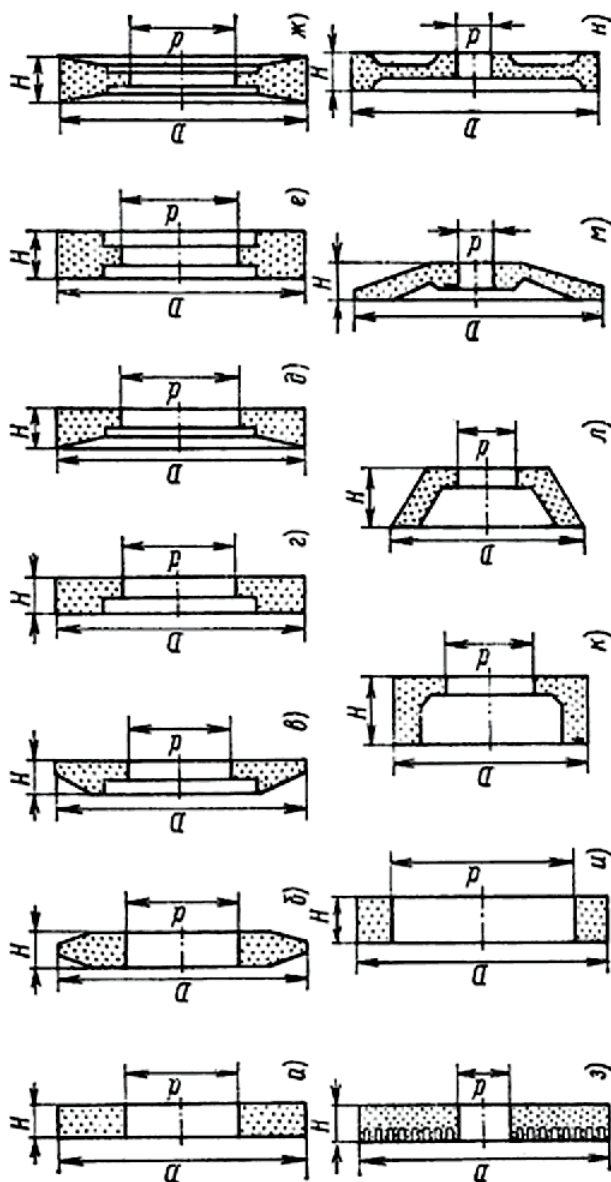


Рис. 3.3. Формы сечений шлифовальных кругов:

а – прямого профиля (ПП); б – с двусторонним коническим профилем (2П); в – с коническим профилем (3П); г – с выточкой (ПВ); д – с конической выточкой (ПВК); е – с двусторонней выточкой (ПВД); ж – с двусторонней конической выточкой (ПВДК); з – специальный (ПР); и – кольцевой (К); к – чашечный цилиндрический (ЧЦ); л – чашечный конический (ЧК); м – тарельчатый (Т); н – с двусторонней выточкой и ступицей (ПВДС); о – с двусторонней выточкой и ступицей (ПВДС); п – с двусторонней выточкой и ступицей (ПВДС); D – наружный диаметр; H – высота; d – диаметр посадочного отверстия

ние на круг, что может привести к его разрушению. Между планшайбами и кругом необходимо ставить упругие прокладки – картонные или резиновые, обеспечивающие равномерное закрепление круга.

При посадке круга на планшайбу следует оставлять по внутреннему диаметру круга зазор. Круг должен прижиматься к планшайбе на участке не менее 0,07 от диаметра круга. При креплении круга винтами сначала завинчивают крепежные винты так, чтобы слегка зажать круг. Затем поочередно завинчивают диаметрально противоположные винты, чтобы обеспечить надежное и равномерное зажатие круга, исключая его прокручивание во фланцах во время работы.

Диаметр прокладок должен быть больше диаметра планшайбы на 2 мм. Диаметры прижимных планшайб должны быть одинаковыми. Резьба на конце шпинделя должна иметь такое направление, чтобы при вращении круга концевая гайка не раскручивалась, а стремилась к затяжке. При установке круга на шпиндель станка воспрещается ударять по нему металлическими предметами. Для того чтобы снять круг со шпинделя, следует предварительно вывернуть винты и снять планшайбу, на которой закреплен круг.

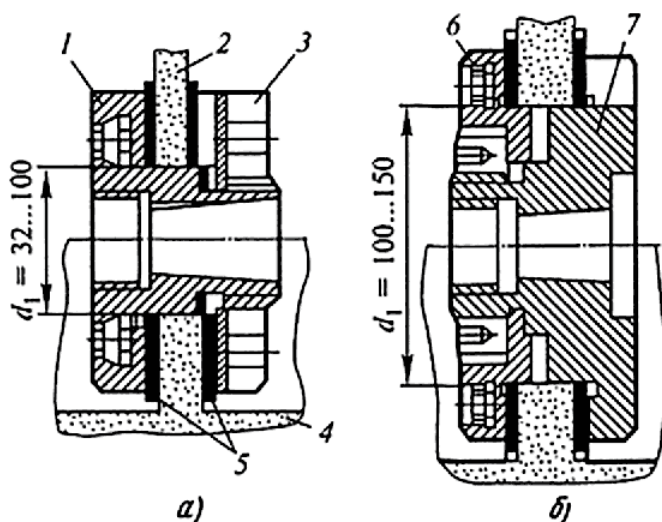


Рис 3.4. Крепление шлифовального круга:  
а – фланцами; б – на планшайбе

Подготовленный к работе шлифовальный круг необходимо сбалансировать, чтобы его центр тяжести совпадал с центром вращения. При работе неуравновешенным кругом обработанная поверхность получается граненой, волнистой, а опоры шпинделя при этом быстро изнашиваются.

Причинами неуравновешенности круга могут быть неравномерное распределение массы в теле круга, эксцентричное расположение посадочного отверстия по отношению к наружной поверхности круга, непараллельность и неперпендикулярность торцов и др.

Для устранения неуравновешенности шлифовального круга проводят его статическую балансировку. Динамическую балансировку шлифовального круга не производят потому, что применяемые круги имеют наружный диаметр, во много раз превышающий высоту круга.

Статическую балансировку шлифовального круга осуществляют на устройствах, которые отличаются формой направляющих. Они имеют форму ножей, призм, цилиндрических валиков 1 (рис. 3.5, а) или дисков 2 (рис. 3.5, б). Для статичес-

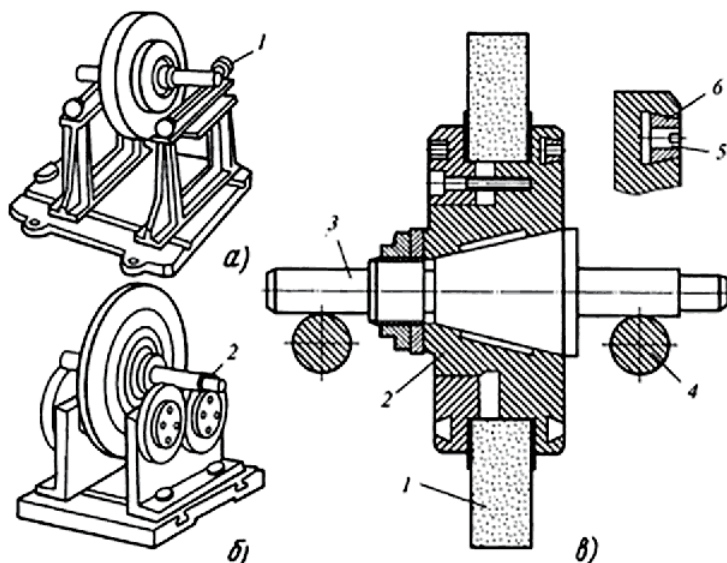


Рис. 3.5. Статическая балансировка шлифовального круга:  
а и б – устройства для балансировки; в – схема балансировки

кой балансировки могут применяться также балансировочные веса.

Для статической балансировки шлифовальный круг 1 (рис. 3.5, в), предварительно закрепленный в планшайбе 2, монтируют на оправку 3, которую затем устанавливают перпендикулярно к двум параллельным направляющим 4 балансировочного приспособления с таким расчетом, чтобы круг был равноудален от обеих опорных поверхностей. Направляющие при этом должны быть одного вида и иметь одинаковую площадь поперечного сечения, твердость, соответствующую твердости оправки не ниже 50 HRC, и шероховатость поверхности не ниже  $Ra = 2,5$  мкм. Вследствие дисбаланса тяжелая сторона круга оказывается внизу. После остановки круга в верхнюю часть кольцевой канавки, выполненной на боковой стороне планшайбы, устанавливают сухарь 5. Удержание сухаря в планшайбе осуществляется стопорным винтом 6. Круг поворачивают на  $90^\circ$ , и если он не удерживается в состоянии безразличного равновесия, то на планшайбу устанавливают дополнительные противовесы. Процесс повторяют до тех пор, пока шлифовальный круг

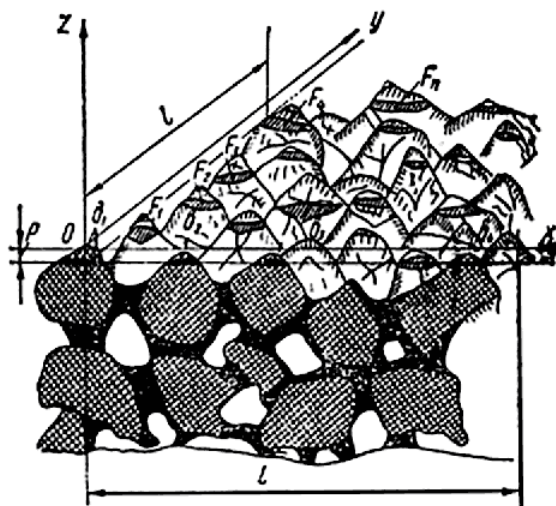


Рис. 3.6. Схема восстановления при правке режущей способности рабочей поверхности круга



в любом положении не будет находиться в покое. После правки балансировку круга осуществляют вторично и более тщательно.

При контроле дисбаланса круг поворачивают на  $90^\circ$  и устанавливают груз с массой, равной допустимо неуравновешенной массе. Например, для круга диаметром 250 мм и высотой 25 мм она составляет 25 г. Если под действием этого груза круг остается в покое или медленно опускается, то круг удовлетворяет требованиям точности балансировки согласно руководству по эксплуатации станка.

### 3.2.6. Правка шлифовального круга

Перед началом работы производят правку шлифовального круга, причем с его рабочей поверхности снимают слой материала, придавая ей форму цилиндра (при обработке наружных и внутренних цилиндрических поверхностей) или форму фасонной поверхности, которую надо обработать.

Правкой восстанавливают режущую способность, геометрическую форму и структуру рабочей поверхности круга. На рис. 3.6 изображена схема правки поверхности круга площа-

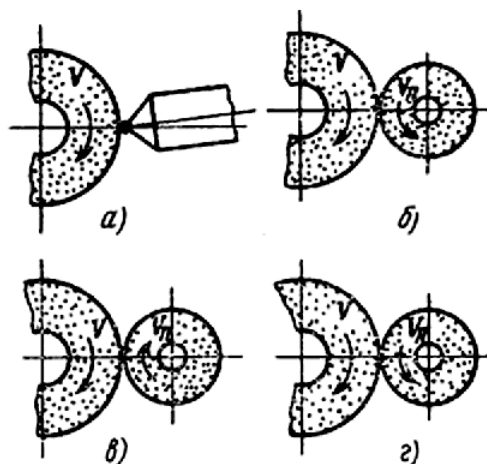


Рис. 3.7. Схемы правки шлифовальных кругов:  
 а – обтачиванием ( $v = 25 \div 50$  м/с); б – обкатыванием ( $v_n = v = 25 \div 50$  м/с);  
 в – шлифованием ( $v = 25 \div 50$  м/с;  $v_n = 10 \div 12$  м/мин);  
 г – шлифованием ( $v_n \neq v = 10 \div 15$  м/с)



дью  $l \times l$  на глубину  $p$ , при которой срезаются вершины абразивных зерен. В результате на зернах образуются площадки  $F$  различной величины, которые принимают участие в процессе шлифования.

Схемы правки шлифовального круга приведены на рис. 3.7.

При правке обтачиванием (рис. 3.7, а) роль резца выполняет инструмент (карандаши, гребенки), режущей частью которого служат природные алмазы и сверхтвердые материалы (синтетические алмазы) (рис. 3.8, а-е). Скорость правки равна скорости вращения шлифовального круга. При большой продольной подаче алмаза при правке, когда следы от алмаза не перекрываются, возрастает режущая способность круга, но падает качество обработанной поверхности, а при правке хорошо сбалансированного круга с малой подачей, при которой происходит перекрытие следов от алмаза, можно достичь высокого качества обработанной поверхности, но при малых съемах металла.

При правке обкатыванием рабочую поверхность круга восстанавливают дисками (абразивными, металлическими) (рис. 3.7, б), которые вращаются при контакте с поверхностью шлифовального круга.

При правке шлифованием правящий инструмент (рис. 3.8, ж) с износостойкой поверхностью (алмазный ролик) имеет принудительное вращение со скоростью, не зависящей от скорости вращения шлифовального круга (рис. 3.7, в, г).

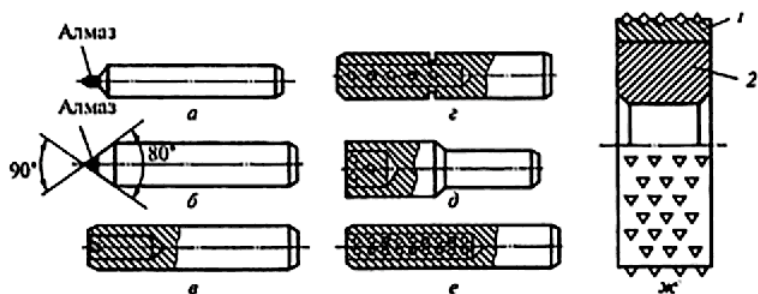


Рис. 3.8. Инструменты с кристаллами алмазов для правки:

- а – алмаз в оправке; б – алмазная игла для мелких пазов;
- в – карандаш однослойный; г – карандаш с алмазами, расположенными цепочкой вдоль оси; д – карандаш с неориентированными алмазами;
- е – карандаш; ж – алмазный ролик для правки абразивных кругов (1 – алмазоносный слой, 2 – корпус)

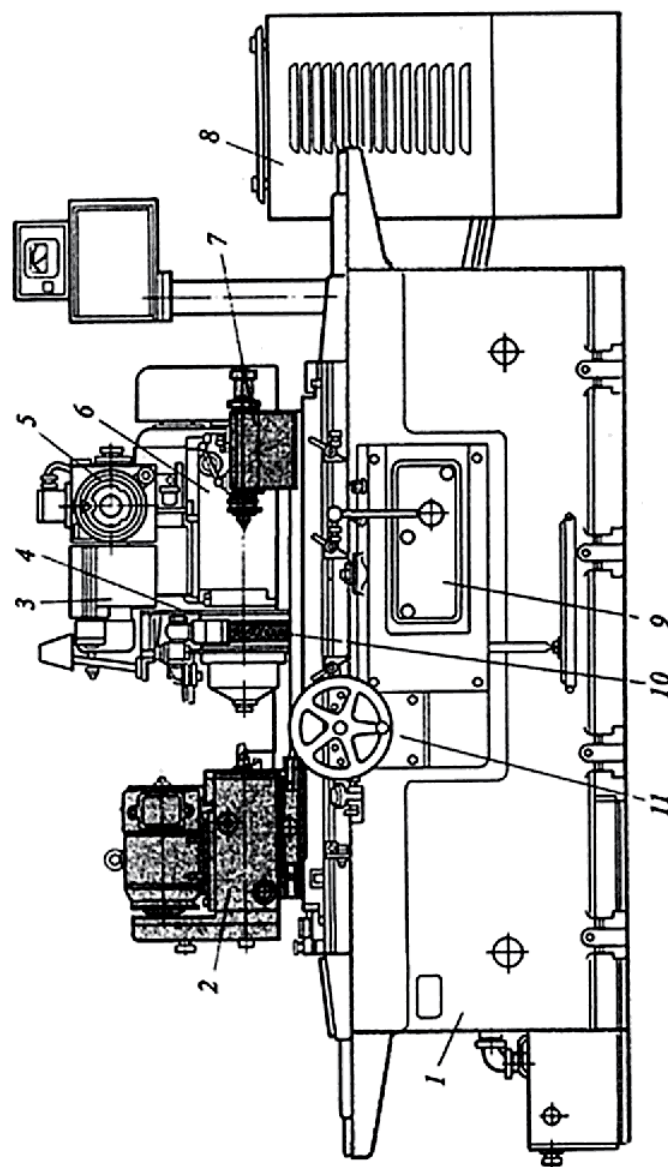


Рис. 3.9. Круглошлифовальный станок мод. 3У131:

- 1 – станина; 2 – передняя бабка; 3 – шпиндель для внутреннего шлифования; 4 – кожух шлифовального круга;  
5 – маховик поперечной подачи круга; 6 – шлифовальная бабка; 7 – задняя бабка; 8 – гидробаба; 9 – управление  
автоматической продольной подачей стола; 10 – шлифовальный круг; 11 – ручное перемещение стола

### 3.3. ОБРАБОТКА НА КРУГЛОШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКАХ

#### 3.3.1. Круглошлифовальные станки

Предназначаются для обработки наружных поверхностей при продольной подаче заготовки, установленной в центрах (рис. 3.9).

Шпиндель 4 шлифовального круга (рис. 3.10) получает вращение от электродвигателя ( $N = 7$  кВт,  $n = 980$  мин<sup>-1</sup>), который установлен на корпусе шлифовальной бабки, с помощью клиноременной передачи. Путем смены шкивов на шпинделе шлифовальной бабки изменяют частоту вращения шпинделя.

Корпус шлифовальной бабки перемещается по направлению к изделию на роликовых направляющих качения.

Для уменьшения шероховатости шлифуемой поверхности шпинделю с шлифовальным кругом сообщают осевое колебательное движение. Оно осуществляется с помощью червяка 3, сидящего на шпинделе 4, и винтового зубчатого колеса 2, находящегося с ним в зацеплении. Шпиндель имеет буртики, к которым прижимается хомутик 5. За первую половину оборота

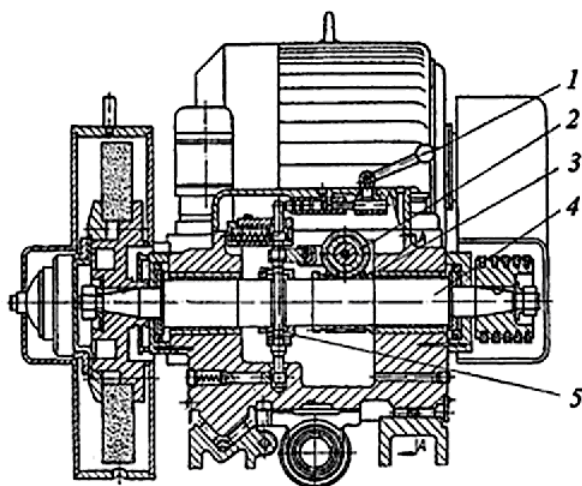


Рис. 3.10. Шлифовальная бабка

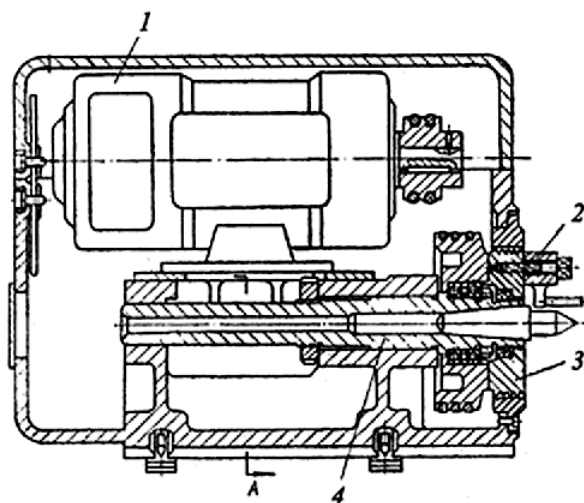


Рис. 3.11. Передняя бабка изделия

колеса 2 рычаг хомутика 5 и, следовательно, шпindelъ перемещается влево, преодолевая сопротивление пружины. За вторую половину оборота колеса 2 шпindelъ перемещается пружиной вправо. Шпindelъ совершает 40 двойных ходов в минуту. Длина хода регулируется в пределах от 0 + 3,4 мм. Включе-

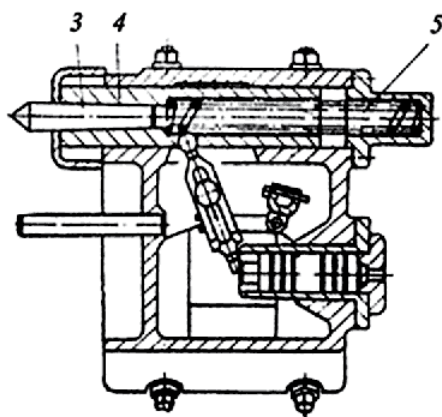


Рис. 3.12. Задняя бабка

ние и выключение этого колебательного движения осуществляется рукояткой 1.

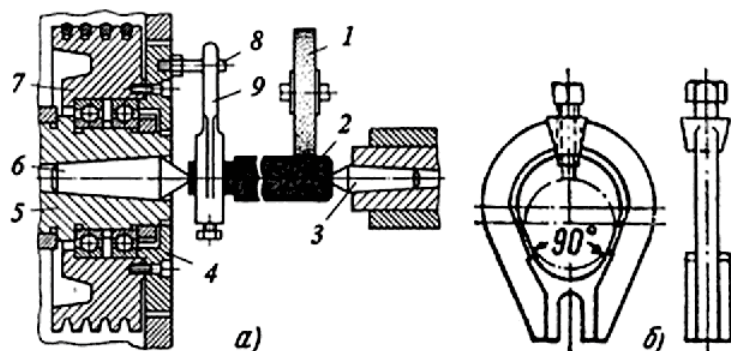
**Передняя бабка** (рис. 3.11) имеет шпиндель 4, который неподвижен. Шлифуемая деталь базируется на неподвижном центре и приводится во вращение с частотой  $n = 63 \dots 400 \text{ мин}^{-1}$  поводком 2, который закреплен на планшайбе 3. Планшайба соединена клиноременной передачей с электродвигателем 1 ( $N = 0,76 \text{ кВт}$ ,  $n = 350-2500 \text{ мин}^{-1}$ ), который расположен также в корпусе передней бабки.

**Задняя бабка** (рис. 3.12) имеет центр 1, вставленный в коническое отверстие 2 пиноли. На центре 1 базируется второй конец детали. Пружина 3, перемещающая пиноль, прижимает центр к детали, обеспечивая шлифование детали в центрах. На задней бабке имеются рукоятки, обеспечивающие фиксацию пиноли и ее отвод для освобождения и снятия детали после шлифования.

### 3.3.2. Установка и крепление обрабатываемой детали на станке

**Установка детали в центрах.** Наиболее простым и распространенным является метод установки в центрах (рис. 3.13).

Конструкции поводковых хомутиков (рис. 3.13, б) с одним плечом при шлифовании могут исказить геометрическую



**Рис 3.13.** Установка детали в центрах круглошлифовального станка:  
 а – детали в центрах станка: 1 – шлифовальный круг;  
 2 – обрабатываемая деталь; 3 – задний центр; 4 – планшайба с поводком;  
 5 – шпиндель станка; 6 – передний центр; 7 – шкив клиноременной передачи;  
 8 – поводок; 9 – хомутик; б – хомутик с винтовым креплением

форму детали в поперечном сечении под действием сил давления между поводком и хомутиком.

В результате совпадения сил давления на обрабатываемую деталь от шлифовального круга и поводка хомутика происходит периодическое ослабление прижатия детали к шлифовальному кругу и в результате форма поперечного сечения детали получается некруглой. Для устранения этой погрешности формы поперечного сечения детали при выполнении работ, требующих повышенной точности, применяют двуплечие поводки (рис. 3.14). Хомутик состоит из корпуса 2, крышки 1, хвостовиков 4 и 9, нажимных сухарей 6 и 8 и шариков 7, помещенных в кольцевом зазоре между корпусом и крышкой. Эксцентрик 5, установленный на кривошипе 3, служит для зажима детали, которая центрируется призмой в корпусе 2. При повороте кривошипа 3 эксцентрик 5 поднимается или опускается, что дает возможность использовать один и тот же хомутик для обработки деталей разного диаметра. После того как деталь с надетым на нее хомутиком установлена в центрах, планшайба станка приводится во вращение. Поводковый палец 1 планшайбы давит на хвостовик 4, который передает усилие сухарю 6, шарикам 7, сухарю 8 и

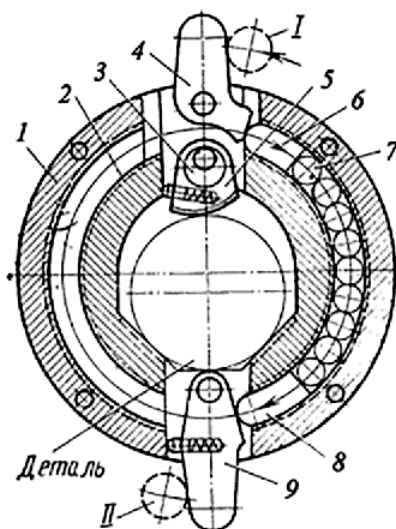


Рис. 3.14. Хомутик с двумя поводками



хвостовику 9. Хвостовик прижимается к поводковому пальцу П. Таким образом, окружное усилие  $P_0$  делится на равные части между обоими хвостовиками, и в каждый момент времени горизонтальные составляющие взаимно уравновешиваются, так как они направлены в противоположные стороны и равны между собой.

Большое влияние на точность и качество шлифования оказывает состояние центров станка и центровых отверстий. Точность установки детали при обработке зависит от точности формы и положения упорных центров станка и несущих поверхностей центровых отверстий детали (или оправки). Опорная коническая поверхность центровых отверстий должна точно соответствовать конусу на центрах (рис. 3.15, а).

На некруглой форме центровых отверстий или неправильном угле конуса деталь не получает достаточной опоры и, смещаясь под действием сил шлифования, копирует погрешность центровых отверстий.

На точность установки влияет несовпадение углов конусов центровых отверстий детали и центров станка. Если угол конуса упорного центра превышает угол конуса несущей поверхности центрового отверстия, то контакт между ними происходит по наибольшему диаметру несущего конуса, в обратном случае – по наименьшему. Несоответствие осей конусов вызывает неполное прилегание несущих поверхностей центровых отверстий детали к упорным центрам станка, что вызывает неравномерное изнашивание центровых отверстий (рис. 3.15, б-д). Несоответствие упорных центров станка в горизонтальной плоскости или отклонение от параллельности центров станка в горизонтальной плоскости, а также отклонение от параллельности центров относительно направления перемещения стола вызывает конусность об-

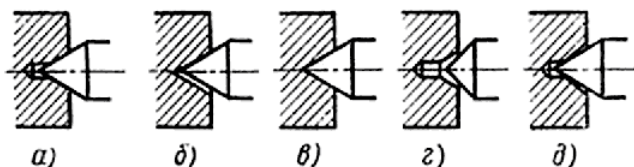


Рис. 3.15. Установка детали в центрах:  
а – правильная; б-д – неправильная

рабатываемой поверхности. Эти же погрешности в вертикальной плоскости вызывают вогнутость обрабатываемой поверхности.

Для установки деталей на шлифовальных станках предусмотрены центровые отверстия с прямолинейной образующей несущего конуса и без предохранительного конуса (рис. 3.16, а), а также с предохранительным конусом (рис. 3.16, б). При повышенных требованиях к точности обработки применяют центровые отверстия с цилиндрической выточкой (рис. 3.16, в). При таких центровых отверстиях случайная забоина на торцевой поверхности может деформировать только поверхность предохранительной выточки, тогда как при фаске под углом  $120^\circ$  деформация металла может затронуть базу центрального отверстия.

Применяя центровые отверстия с прямолинейной образующей несущей поверхностью, трудно обеспечить точное сопряжение конусов центрального отверстия детали с центрами станка, что ведет к снижению точности обработки. Поэтому применяют также центровые отверстия с выпуклой дугообразной образующей несущего конуса (рис. 3.16, г).

Преимущества центровых отверстий такой формы – угловые погрешности почти не влияют на точность обработки; лучшее удерживание смазывающего материала, снижение погрешностей и повышение точности обработки.

Грибковые (тупые) центры применяют для обработки полых деталей с внутренним диаметром более 15 мм и центровыми гнездами в форме фаски (рис. 3.16, д).

Для сплошных деталей и полых с отверстием менее 15 мм применяют острые центры. При неподвижных центрах обеспечивается более высокая точность шлифования, поэтому на вращающихся центрах обрабатывают только тяжелые детали и детали с осевыми отверстиями, имеющими узкие центровые фаски. Для уменьшения изнашивания центров необходимо, чтобы они были твердосплавными.

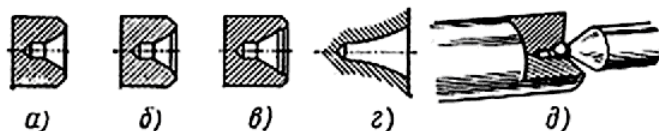


Рис. 3.16. Рекомендуемая форма центровых отверстий



### 3.3.3. Установка деталей на оправке для шлифования в центрах

Детали с точными базовыми отверстиями (допуск 0,015-0,03 мм) шлифуют на оправках с прессовой посадкой, а с допуском базовых отверстий более 0,03 мм – на разжимных оправках.

В случае базирования по отверстию и торцу применяют оправки со скользящей посадкой (зазор 0,01-0,02 мм) и упором в торец.

Повысить точность обработки по соосности можно применением оправки с небольшой конусностью (0,01-0,015 мм на 100 мм длины). Оправки подразделяют на жесткие, разжимные, с раздвижными элементами, с гидравлическим или гидропластовым разжимом.

**Жесткие оправки.** Такие оправки показаны на рис. 3.17. Деталь 4 надевают на оправку со стороны приемного конуса 1, продвигают ее по цилиндрической части 2 и заклинивают на конусе 3, для чего ударяют левым торцом оправки о деревянную подкладку (рис. 3.17, а). Если отверстие детали неточно, то ее закрепляют по торцу.

При обработке коротких деталей на одну оправку можно насадить несколько деталей (рис. 3.17, б), закрепив их гайкой. Если диаметр гайки меньше диаметра отверстия обрабатываемых деталей, под гайку подкладывают разрезную шайбу (рис. 3.17, в). Для освобождения детали гайку слегка ослабляют, шайбу удаляют, а деталь снимают с оправки через гайку. У таких оправок резьбу выполняют с крупным шагом.

Конусность оправки зависит от длины детали. Чем длиннее отверстие, тем меньше должна быть конусность оправки, и наоборот. Это облегчает закрепление и снятие детали. В целях сокращения вспомогательного времени при работе используют две оправки. В то время как на одной ведется обработка, на другой закрепляют детали.

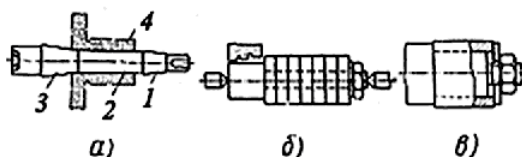


Рис. 3.17. Жесткие оправки:

а – установка по конусу; б – с закреплением по торцу;  
в – с подкладной шайбой

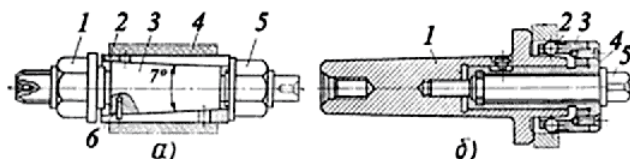


Рис. 3.18. Оправки:  
а – разжимная; б – раздвижная

**Разжимные оправки.** При обработке тонкостенных деталей применение жестких оправок может вызвать искажение формы деталей, в этих случаях применяют разжимные оправки. У оправок (рис. 3.18, а) цанга 2 с продольными прорезями, перемещаясь с помощью гайки 5 по конусу 3, упруго разжимается и закрепляет деталь 4. Штифт 6 удерживает ее от поворота, а гайка 1 служит для отжата при снятии детали.

**Раздвижные оправки.** Оправка для коротких деталей показана на рис. 3.18, б. В сепараторе 3 имеется шесть отверстий с шариками 2 диаметром 6-10 мм, которые находятся в контакте с конусом корпуса оправки 1. Осевое перемещение сепаратора на конусе производят винтом 5 через скользящую втулку 4, к которой прикреплен сепаратор. При перемещении сепаратора 3 шарики раздвигаются, и деталь центрируется и одновременно поджимается к торцу бурта корпуса оправки. Для точного центрирования необходимо, чтобы шарики не отличались по диаметру больше чем на 2 мкм, а установочный и центрирующий конусы были соосны. На шариковых оправках можно зажимать детали с разницей в диаметре до 5 мм.

**Оправки с гидравлическим или гидропластовым зажимом.** Детали с погрешностями формы отверстия легче и точнее центрируются по оправке (рис. 3.19).

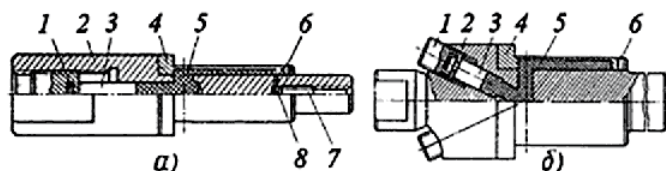


Рис. 3.19. Оправки с гидравлическим или гидропластовым зажимом:  
а – тип А; б – тип Б

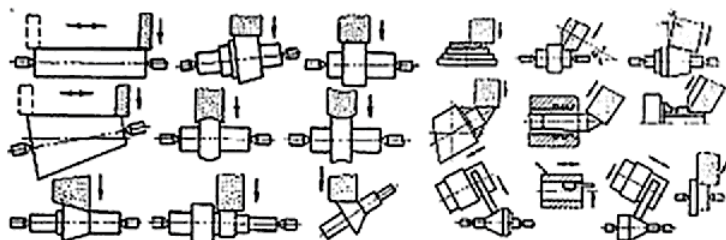
На таких оправках зажимают деталь в результате деформирования тонкостенного цилиндра, находящегося под равномерным давлением изнутри. Для создания давления используется жидкость или пластмасса.

Оправки подразделяются на два типа: оправки типа А предназначены для деталей диаметром 20-40 мм, оправки типа Б – свыше 40 мм. На корпус напрессована втулка 2 и центрирующая втулка 4, которая стопорится винтом 6. Пространство между корпусом и втулкой заливают гидропластом 5. Усилие зажима передается плунжером 3 через винт 1. В оправках типа А есть отверстие для выхода воздуха, которое перекрывается прокладкой 8 и винтом 7.

Точность центрирования оправки с гидропластом зависит от точности изготовления корпуса и втулки. Параметр шероховатости центровых отверстий оправки не ниже  $Ra = 0,63+0,32$  мкм. Биение контрольных поясков и посадочного диаметра не более 2 мкм. Окончательно оправку шлифуют после заливки гидропласта с небольшим поджатием его плунжером 3. Биение по контрольным поясам и посадочному диаметру оправки не более 2-5 мкм.

### 3.3.4. Способы шлифования на универсальных круглошлифовальных станках

На *универсальных круглошлифовальных* станках обрабатывают наружные и внутренние поверхности при вращении и продольной подаче заготовки, закрепленной в центрах или



**Рис. 3.20. Примеры обработки деталей на универсальных круглошлифовальных станках**  
(стрелки на рисунках указывают направление подачи круга при шлифовании)

в патроне. **Врезные круглошлифовальные** станки служат для обработки наружных поверхностей тел вращения при вращении заготовки и поперечной подаче абразивного инструмента (рис. 3.20).

### 3.3.5. Выбор и установка шлифовального круга

Шлифовальный круг выбирают в зависимости от технических требований, предъявляемых к обработке заготовки или детали.

При шлифовании мягких металлов зерна притупляются медленнее, поэтому круг должен быть более твердым, чтобы зерна преждевременно не выкрашивались, а работали до полного их затупления. При обработке более твердых металлов затупление абразивных зерен происходит быстрее и, следовательно, шлифовальный круг должен быть мягче. Таким обра-

Т а б л и ц а 3.1  
Зернистость абразивных кругов,  
применяемых в доводочных процессах

Вид обработки	Зернистость			Твердость кругов и брусков	Область применения
	ал-маз	эль-бор	абразив		
Прецизионное шлифование	200/160	Л12	12	С2 – Т1	Отделочное шлифование незакаленных сталей и чугунов
	160/125	Л10	10	СМ1 – С2	Отделочное шлифование легированных закаленных сталей и твердого сплава
	125/100	Л8	8	М2 – СМ1	Доводка твердого сплава, прецизионное шлифование алюминиевых сплавов и вязких сталей
	100/80			С2 – СТ3	Отделочное шлифование закаленных сталей, окончательное шлифование резьбы
	80/63	Л6	6	СМ1 – С2	Доводка тонких прерывистых пластин
	63/50	Л4	4	М2 – СМ1	Доводка медных сплавов из коррозионностойких сталей

зом, существует правило: чем мягче материал детали, тем тверже должен быть круг, и наоборот.

Выбор зернистости круга зависит главным образом от величины припуска на размеры детали, заданной шероховатости поверхности и точности размеров. Крупное зерно оставляет на обработанной поверхности грубые штрихи. Поэтому для грубого (обдирочного) шлифования следует применять крупнозернистые круги, а отделочные работы и доводку нужно производить мелкозернистыми кругами (табл. 3.1).

Установка шлифовальных кругов на шпинделе станка должна производиться очень тщательно. Неточно выверенный и неправильно закрепленный круг может разорваться во время работы. На шпиндель станка круг надевается свободно. Закрепление круга на шпинделе производится при помощи шайб и гайки (рис. 3.21).

Неодинаковые по размеру или погнутые шайбы при затягивании гайки создают неравномерное давление на круг, что может привести к его разрушению и к аварии. По этой причине нельзя применять шайбы, не обработанные с внутренней стороны или не имеющие выточек. Между шайбами и кругом необходимо ставить упругие прокладки из кожи или резины, обеспечивающие равномерность зажима круга.

Перед установкой на шпиндель станка смонтированный шлифовальный круг обязательно необходимо сбалансировать.

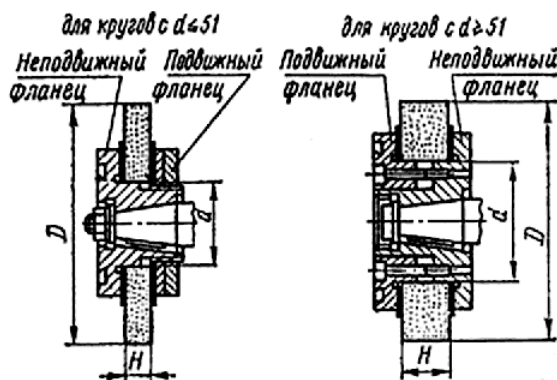


Рис. 3.21. Крепление шлифовального круга

### 3.3.6. Режимы шлифования

К режиму круглого наружного шлифования относят окружную скорость шлифовального круга, поперечную и продольную подачу детали, а также круговую подачу детали.

#### 3.3.6.1. Окружная скорость шлифовального круга

Шлифовальные круги вращаются с большой скоростью. Каждая точка на наружной поверхности круга перемещается со скоростью от 20 до 60 м/сек и более, которая называется окружной скоростью шлифовального круга –  $v$ , – и определяют по формуле

$$v = \frac{\pi D n}{60 \cdot 1000}, \text{ м/сек,}$$

где  $D$  – наружный диаметр круга, мм;  $n$  – частота вращения круга, мин<sup>-1</sup>.

#### 3.3.6.2. Окружная скорость детали

Эта скорость, называемая иначе круговой подачей, определяется по формуле

$$v = \frac{\pi d n}{1000}, \text{ м/мин,}$$

где  $d$  – диаметр детали в мм;  $n$  – частота вращения детали, мин<sup>-1</sup>.

Окружная скорость детали при круглом шлифовании зависит от принятых продольных и поперечных подач, а также от диаметра шлифуемой детали.

### 3.3.7. Глубина шлифования

Величина поперечного перемещения шлифовального круга по направлению к обрабатываемой детали в конце каждого прохода при круглом шлифовании называется **глубиной шлифования**, или **поперечной подачей**. Глубина шлифования, или

толщина слоя металла, снимаемого за один проход шлифовального круга, при круглом шлифовании колеблется в пределах от 0,005 до 0,08 мм.

### 3.3.8. Продольная подача

Продольной подачей при круглом шлифовании называется путь, пройденный деталью (или кругом) за время одного оборота шлифуемой детали. Величина продольной подачи при круглом шлифовании зависит от вида шлифования: при черновом шлифовании деталей, изготовленных из любых материалов, диаметром меньше 20 мм, подача принимается от 0,3 до 0,5Н (где Н – высота шлифовального круга), при черновом шлифовании деталей большего диаметра из закаленной стали – до 0,7Н, для деталей из незакаленной стали – до 0,75Н и для деталей из чугуна – до 0,85Н, при чистовом шлифовании подача составляет 0,2-0,3Н, независимо от материала и диаметра детали.

### 3.3.9. Шлифование с продольной подачей

При этом способе шлифования деталь (рис. 3.22) вращается в упорных центрах и вместе со столом совершает возвратно-поступательное продольное перемещение относительно шлифовального круга (продольная подача) на всю длину шлифования. При этом круг не должен выходить за пределы шлифуемой поверхности. В конце каждого прохода шлифовальный круг перемещается в поперечном направлении к детали 2 на определенную глубину шлифования (поперечная подача). При этом способе шлифования достигается самая высокая геометрическая точность обработки и шероховатость обрабатываемой поверхности.

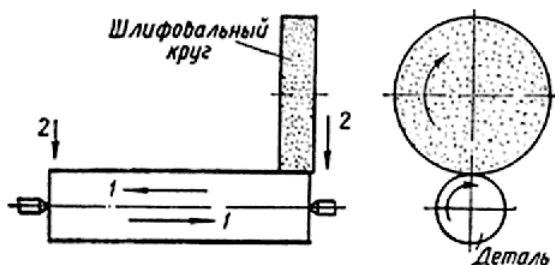


Рис. 3.22. Шлифование с продольной подачей



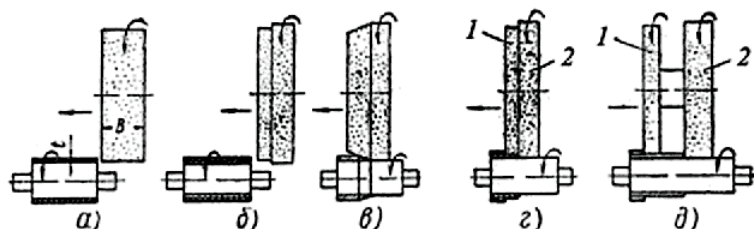


Рис. 3.23. Глубинное шлифование

### 3.3.10. Глубинное шлифование

При глубинном шлифовании весь припуск снимается за один-два прохода, после чего выполняют чистовое шлифование. Обработку выполняют с большими глубинами (св. 5 мм), с очень малой величиной продольной подачи ( $100 + 300$  мм/мин) и скоростью вращения круга  $30 + 40$  м/с (рис. 3.23, а). Шлифовальный круг правят ступеньками (рис. 3.23, б) или с небольшим заборным конусом на высоте 6-12 мм (рис. 3.23, в). В результате круг при снятии припуска работает не кромкой, а линейным участком, который образует на круге конус.

Высокая производительность труда при глубинном способе шлифования достигается уменьшением количества проходов и улучшением условий шлифования.

При шлифовании глубинным способом вместо одного круга иногда ставят два. В этом случае круги склеивают или стягивают шайбами. Круг 1 (рис. 3.23, г) производит предварительное шлифование, круг 2 – окончательное. Таким образом, в одном проходе объединены и черновое, и чистовое шлифование. Применяют также круги, расположенные на некотором

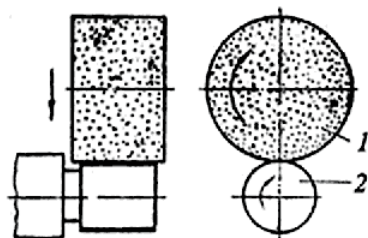


Рис. 3.24. Врезное шлифование



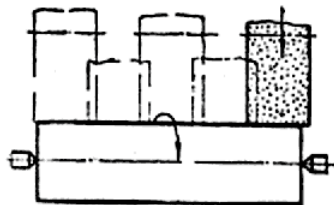


Рис. 3.25. Совмещенное шлифование

расстоянии друг от друга (рис. 3.23, д). Назначение кругов 1 и 2 то же самое.

### 3.3.11. Врезное шлифование

Этот способ применяется при грубом и чистовом шлифовании круглых деталей диаметром до 300 мм. Шлифование производится одним широким кругом 1 (рис. 3.24). Деталь 2 не имеет продольной подачи, поперечная же подача шлифовального круга на заданную глубину производится непрерывно механическим или ручным способом. Для получения более правильной и чистой поверхности детали кругу сообщают незначительное перемещение влево и вправо. Разница между наибольшими и наименьшими диаметрами детали не должна превышать 50 мм.

Преимущества обработки деталей по способу врезания перед способом шлифования с продольными проходами:

а) подача круга производится непрерывно, что способствует росту производительности труда;

б) можно шлифовать фасонные детали при помощи профилированного шлифовального круга;

в) на шпиндель станка можно устанавливать два или три шлифовальных круга и шлифовать одновременно несколько участков детали.

Недостатки способа врезания:

а) круг и деталь имеют большую поверхность соприкосновения, вследствие чего выделяется большое количество тепла, круг и деталь нагреваются сильнее, чем при обычном способе шлифования;

б) круг быстрее теряет свою форму и нуждается в частой правке.

### **3.3.12. Совмещенное шлифование**

Вначале шлифуют один участок вала при поперечной подаче круга, затем шлифуют соседний с ним участок и т. д. (рис. 3.25). При этом обеспечивают перекрытие шлифуемых участков на 5-15 мм. Шлифование производят не на полную глубину, оставляя припуск 0,02-0,08 мм. Гребешки, оставшиеся после врезного шлифования вместе с припуском, после правки круга, удаляют продольным шлифованием.

### **3.3.13. Скоростное шлифование**

Основано на повышении скорости шлифовального круга с 35 до 60 м/с. Это позволяет уменьшить параметр шероховатости поверхности, повысить точность обработки за счет уменьшения силы резания и изнашивания круга, а также увеличить производительность за счет уменьшения числа правок круга, сокращения времени выхаживания и увеличения в 2-3 раза общей стойкости круга.

### **3.3.14. Силовое шлифование**

В основе силового шлифования лежит глубинное шлифование с увеличенной минутной поперечной или продольной подачей на один оборот шлифовального круга. Оно эффективно на обдирке литья, поковок, операциях абразивной отрезки, снятия, обезуглероженного слоя на прутковом материале перед калибровкой, обработке плоскостей на корпусных чугунных отливках, в отделениях заточки для снятия изношенных или выкрошенных участков металлорежущего инструмента. Часто силовое шлифование совмещается с повышением скорости шлифовального круга до 50-80 м/с в целях повышения интенсивности съема металла и уменьшения расхода кругов.

### **3.3.15. Шлифование конических поверхностей**

При наладке круглошлифовального станка для шлифования конических поверхностей необходимо учитывать конус-

ность – отношение разности диаметров большого и малого основания конуса к его длине:

$$k = (D - d)/l.$$

Выражается конусность в безразмерных величинах. На круглошлифовальных станках конические поверхности шлифуют путем поворота стола передней бабки или поворотом бабки шлифовального круга, если это позволяет конструкция станка.

Шлифование поверхностей с малой конусностью (угол конуса 12-14°) на универсальном круглошлифовальном станке, налаженном на шлифование цилиндрических поверхностей деталей, выполняют по делениям шкалы, нанесенной на конце стола или по шкале индикатора, поворотом верхней части стола на половину требуемого угла при вершине конуса детали (угол уклона  $\alpha$ , рис. 3.26). Наибольший угол поворота стола допускается  $6 + 7^\circ$ . Движение подачи сообщают либо заготовке 2 (рис. 3.26, а, б), либо шлифовальному кругу 1 (рис. 3.26, в).

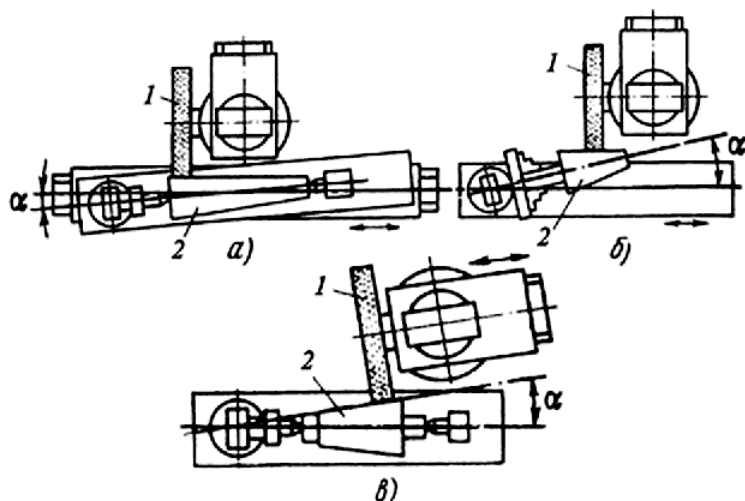


Рис. 3.26. Способы шлифования конических поверхностей на круглошлифовальном станке

Для шлифования в центрах конусов с большим углом при вершине используют специальное приспособление или в патроне поворотом передней бабки на требуемый угол (рис. 3.26, в).

### 3.4. ОБРАБОТКА НА БЕСЦЕНТРОВЫХ КРУГЛОШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКАХ

Бесцентровые круглошлифовальные станки используются для обработки наружных поверхностей при вращении и продольной подаче заготовки или при вращении и поперечной подаче заготовки или инструмента.

При бесцентровом шлифовании деталь 2 устанавливают на опорный нож 4 между шлифовальным 1 и ведущим 3 кругами (рис. 3.27). Шлифовальный круг вращается со скоростью 30-60 м/с, а ведущий имеет замедленное вращение 10-40 м/мин.

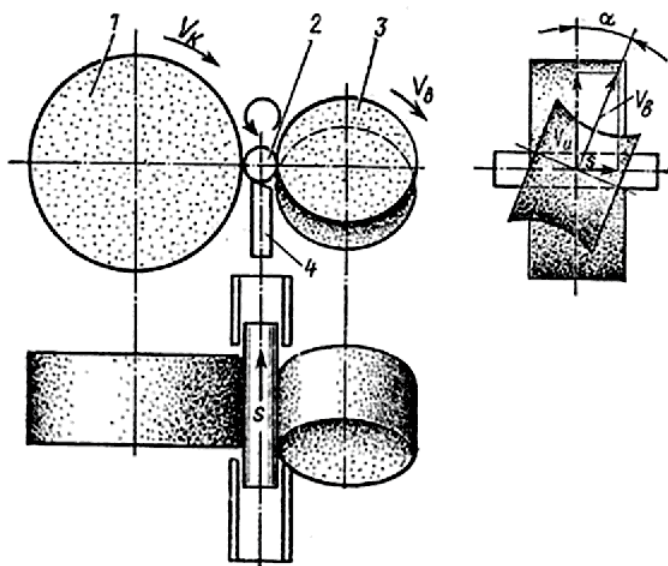


Рис. 3.27. Бесцентровое круглое шлифование:  
1 – шлифовальный круг; 2 – обрабатываемая деталь;  
3 – ведущий круг; 4 – опорный нож;  
 $v_k$  – скорость шлифовального круга;  $v_d$  – скорость ведущего круга;  
 $\alpha$  – угол наклона ведущего круга;  $v_s$  – скорость детали;  
 $s$  – продольная подача детали

Так как коэффициент трения между шлифовальным кругом и деталью меньше, чем между деталью и ведущим кругом, то ведущий круг сообщает детали вращение со скоростью круговой подачи  $v_{\text{к}}$ .

Применяют два метода шлифования: на проход (с продольной подачей) и врезное (с поперечной подачей).

Движение продольной подачи достигают поворотом оси ведущего круга на угол  $\alpha$ . Окружная скорость ведущего круга  $v_{\text{к}}$  разлагается на две составляющие: скорость вращения детали (круговую подачу)  $v_{\text{д}}$  и продольную поперечную  $s$ , где  $s = v_{\text{к}} \sin \alpha$ . Чтобы обеспечить линейный контакт ведущего круга с цилиндрической поверхностью детали, ведущему кругу в процессе правки придают форму гиперboloида.

При врезном шлифовании ведущий круг сообщает детали только вращательное движение. Ось ведущего круга устанавливают горизонтально или под небольшим углом ( $\alpha \approx 0,5^\circ$ ), чтобы при шлифовании создать поджим к неподвижному упору. В этом случае ведущему кругу придают при правке цилиндрическую форму (а не гиперboloид). Принудительная поперечная подача обрабатываемой детали сообщается механизмом подачи бабки ведущего круга.

### **3.4.1. Основные технологические особенности бесцентрового шлифования**

Обрабатываемая деталь вращается свободно без закрепления в призме, образованной опорным ножом и ведущим кругом. Благодаря этому исключаются деформации детали при ее зажиме, а вращение в призме позволяет эффективно исправлять отклонения от круглости шлифуемой поверхности.

Вращение детали осуществляется за счет сил трения между деталью и ведущим кругом. Для качественной обработки необходимо, чтобы деталь начала вращаться до касания шлифовального круга, что в значительной степени определяется состоянием опорного ножа, который должен иметь прямолинейную опорную поверхность высокой твердости и наименьшего параметра шероховатости  $Ra = 0,05 + 0,15$  мкм с тем, чтобы коэффициент трения между деталью и ножом был минимальным.

Обрабатываемая поверхность чаще всего является базовой поверхностью, поэтому большое значение приобретает

### Глава 3. Обработка деталей на станках абразивным инструментом

исходное состояние обрабатываемой поверхности: разобщенные участки, приливы, заусенцы, большое отклонение от круглости усложняют, а иногда делают невозможным обработку на бесцентрово-шлифовальных станках.

Ведущий круг является устройством, замедляющим скорость вращения детали, и дополнительной опорой, значительно повышающей жесткость упругой замкнутой технологической системы, в которой обрабатывается деталь. Благодаря этому на бесцентрово-шлифовальных станках могут обрабатываться длинные и тонкие детали на увеличенных поперечных подачах без опасения прогибов при шлифовании.

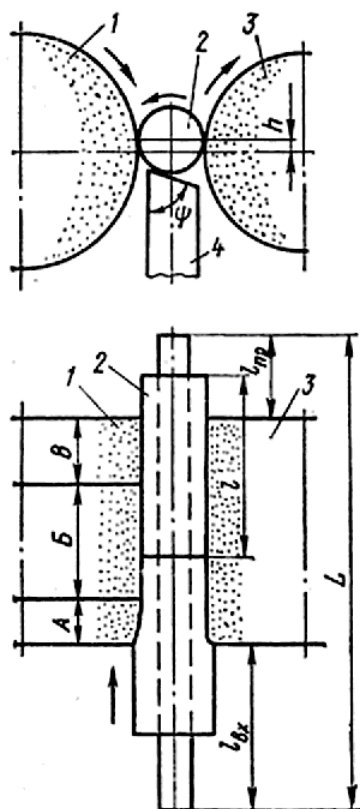
Бесцентровое шлифование, осуществляемое без зажима и без устройств принудительного вращения детали, не требует создания центровых базовых гнезд и упрощает автоматизацию обработки, сокращает время на установку и снятие обрабатываемой детали.

Бесцентровое шлифование осуществляют сквозной (на проход) или поперечной подачей (врезанием). Жесткость упругой замкнутой технологической системы бесцентрово-шлифовальных станков в 1,5-2 раза выше жесткости круглошлифовальных станков, поэтому и режимы резания при бесцентровом шлифовании повышают примерно в 1,5-2 раза.

Бесцентровое шлифование обеспечивает обработку деталей по 5-6-му качеству. Эффективно исправляется отклонение от круглости заготовки. Исходная величина отклонения от круглости с 0,3 мм может быть уменьшена до 0,0025 мм.

В процессе бесцентрового шлифования обрабатываемая деталь лежит на опорном ноже и ведущем круге, образующими призму (рис. 3.28). Опорный нож устанавливается по высоте так, чтобы центр шлифуемой детали был выше линии центров шлифовального и ведущего кругов примерно на  $0,5d$ , но не более чем на 14 мм. Тонкие, длинные и недостаточно прямолинейные прутки целесообразно располагать ниже линии центров на ту же величину. Опорная поверхность ножа должна располагаться строго параллельно оси шлифовального круга.

Отклонение от прямолинейности опорной и установочной поверхности ножа не должно превышать 0,01 мм на 100 мм длины. Толщина опорного ножа должна быть на 1-2 мм меньше диаметра шлифуемой детали, но не более 12 мм. Рекомендуемая толщина опорных ножей приведена ниже.



**Рис. 3.28. Рабочий цикл бесцентрового шлифования напроход:**  
 1 – шлифовальный круг; 2 – обрабатываемая деталь;  
 3 – ведущий круг; 4 – опорный нож;  
 А – участок презания; Б – участок чистового шлифования;  
 В – участок выхаживания;  $l_{вп}$  – передняя (направляющая) часть опорного ножа;  $l$  – длина обрабатываемой детали;  $l_{дх}$  – задняя (приемная) часть опорного ножа;  $h$  – превышение над линией центров

Т а б л и ц а 3.2

**Рекомендуемая толщина  
опорных ножей**

Диаметр детали, мм	1,5-3,0	3,0-6,5	6,5-12,0	12,5 и более
Толщина ножа, мм	1,25	2,5	6,0	12,0

Угол скоса  $\varphi$  опорной поверхности ножа для деталей длиной до 100 мм и диаметром до 30 мм принимают  $30^\circ$ , а при больших размерах –  $20-25^\circ$ .

Опорные ножи, оснащенные пластинками твердого сплава ВК8, обладают высокой износостойкостью. Стальные ножи следует применять при шлифовании деталей диаметром до 3 мм, когда нет возможности применять ножи с твердым сплавом. В целях экономии верхнюю опорную часть ножа изготавливают из легированной или быстрорежущей стали, а нижнюю – из углеродистой.

### **3.4.2. Бесцентровое шлифование напроход**

Обрабатываемая деталь при входе в зону шлифования самоустанавливается между кругами и перемещается силой продольной подачи, при этом шлифовальный круг врезается в деталь на величину снимаемого припуска.

На этом участке врезания режущая кромка круга интенсивно изнашивается, образуя заборную часть длиной А (рис. 3.28), которая непрерывно растет и изменяет условия резания. Поэтому на долю участка Б круга приходится снятие остаточного припуска, выравнивание разброса диаметрального размера и исправление погрешности формы. На участке В выхаживания, вследствие обратного конуса на образующей шлифовального круга, по мере перемещения детали к выходу глубина резания непрерывно уменьшается, способствуя снижению параметров шероховатости и повышению геометрической точности детали.

При бесцентровом шлифовании напроход можно надежно обеспечивать обработку по 5-му качеству с получением точности геометрической формы в пределах 2,5 мкм и параметра шероховатости поверхности  $Ra = 0,1 + 0,3$  мкм.

Число операций зависит от припуска на шлифование, определяемого величиной исходных погрешностей, требованиями точности и шероховатости поверхности. На операциях шлифования с невысокими требованиями к точности (допуск 0,08-0,1 мм) и параметру шероховатости поверхности ( $Ra = 2,5$  мкм) наибольший снимаемый припуск за одну операцию составляет 0,25 мм на диаметр.

Выбор режимов обработки, характеристики кругов, а также достигаемой шероховатости поверхности зависит от выбора последующих операций.



### 3.4.3. Бесцентровое врезное шлифование (без продольной подачи)

Применяют для обработки деталей с цилиндрической, конической, сферической и фасонной поверхностями, ступенчатых валиков, деталей с разобшенными поверхностями и др.

Подобно круглому врезному шлифованию в центрах при бесцентровом врезном шлифовании за одну операцию можно практически снять любую заданную величину припуска. При таком построении технологического процесса шлифовальный круг правится дважды: предварительно грубо, для снятия основного припуска, и тонко, на чистовых режимах правки – для отделочной обработки.

При врезном шлифовании продольное перемещение обрабатываемой детали в зоне шлифования ограничивают жестким упором (рис. 3.29, а).

Выбранная для соприкосновения с упором торцовая поверхность детали должна быть гладкой и не иметь биения. Чтобы обеспечить постоянный поджим обрабатываемой детали к упору, ведущий круг наклоняют на  $0,5-1^\circ$ .

При врезном шлифовании на обрабатываемой детали копируется форма шлифовального круга; поэтому для повышения кромкостойкости круга его твердость выбирают на 1-2 степени выше, чем на операциях бесцентрового шлифования напроход.

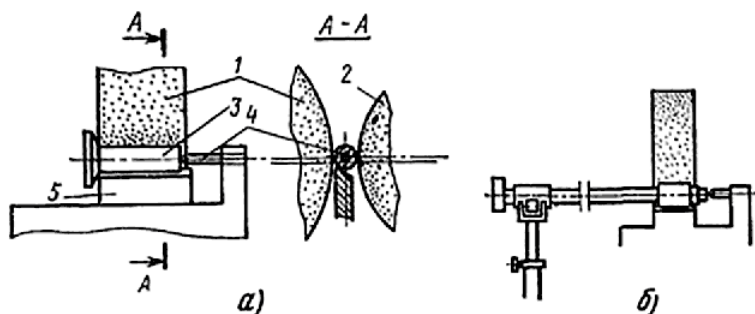


Рис. 3.29. Бесцентровое врезное шлифование:  
а – с упором, где 1 – шлифовальный круг, 2 – ведущий круг,  
3 – обрабатываемая деталь, 4 – упор, 5 – опорный нож;  
б – длинной детали с люнетом

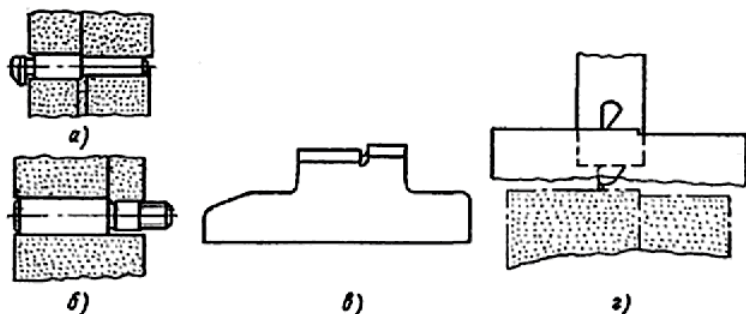


Рис. 3.30. Схемы наладок для шлифования ступенчатых валков

#### 3.4.4. Примеры наладок

При **шлифовании длинных деталей** их правильное положение и устойчивость на ноже обеспечивают поддерживающим люнетом (рис. 3.29, б).

При **шлифовании ступенчатых деталей** ведущий круг делают ступенчатым, если длина шлифуемых шеек примерно одинакова (рис. 3.30, а), и прямым, если большая по диаметру ступень значительно длиннее меньшей (рис. 3.30, б). Аналогично выбирают форму опорной поверхности ножа (рис. 3.30, в). Длина ее во всех случаях должна быть на 5-10 мм больше длины шлифуемой поверхности.

Правка круга по копиру ведется в одну сторону, с большего диаметра на меньший; при обратном ходе пиноль с правящим инструментом нужно отводить, чтобы не повредить алмаз (рис. 3.30, г).

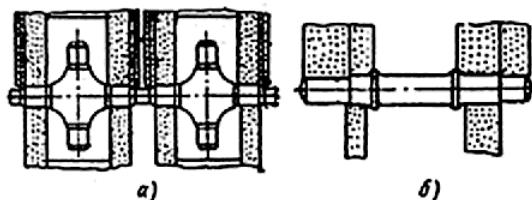


Рис. 3.31. Схемы многокруговых наладок при обработке разобщенных поверхностей: а – шипов крестовины; б – ступенчатого вала

В многокруговых наладках (рис. 3.31) все шлифовальные круги монтируют на одной планшайбе. Линейное расстояние между торцами кругов выставляют распорными втулками. Аналогичным образом устанавливают ведущие круги. Оси шпинделей ведущих и шлифовальных кругов устанавливают параллельно, а обрабатываемая деталь самоустанавливается между кругами в процессе шлифования.

Шлифовальные круги при профильном ступенчатом шлифовании (рис. 3.31, б) правятся алмазным инструментом по копирной линейке. Алмазное зерно должно находиться в центре алмазного карандаша.

За одну установку обрабатывается сразу четыре шипа крестовин (рис. 3.31, а) по наружному диаметру цилиндрической части и по фаске на полном автоматическом цикле. Две детали из магазина загружают в рабочую зону, устанавливают на опорном ноже, шлифуют и передают их в специальное кантующее устройство для поворота на  $90^\circ$ . Затем вновь крестовины устанавливают на ноже для обработки второй пары шипов.

Шлифование шипов, закаленных ТВЧ до твердости HRC 60-66, обеспечивает размерную точность шипов в пределах 0,02 мм, отклонения от цилиндричности 0,006 мм, параметр шероховатости поверхности  $Ra = 0,4$  мкм.

При **бесцентровом шлифовании конусов** (рис. 3.32) ось ведущего круга для создания силы прижима детали к упору наклонена на  $0,5-1^\circ$ . Опорный нож при этом должен иметь наклон, равный  $1/2$  угла конусности детали. Длина опорной поверхности ножа должна быть на 15-20 мм больше длины конуса детали.

У конусного шлифовального круга участок с меньшим диаметром работает с большей нагрузкой и быстрее изнашивается, поэтому приходится чаще править шлифовальный и ведущий круги.

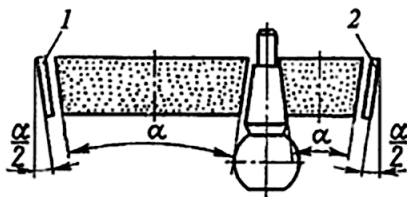


Рис. 3.32. Схема наладки для шлифования конуса

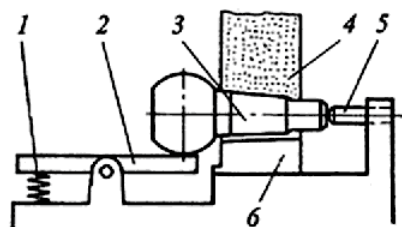


Рис. 3.33. Шлифование конуса с применением пружинной подставки для поддержки неуравновешенной детали:  
1 – пружина; 2 – подставка; 3 – деталь; 4 – шлифовальный круг;  
5 – упор; 6 – опорный нож

Для уменьшения числа правок следует применять ведущие круги максимальной твердости или изготавливать их из серого чугуна с крупнозернистой структурой. Чугунные круги правят резцом из твердого сплава аналогично правке алмазным инструментом.

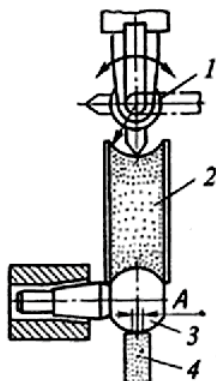
Правку кругов на конус осуществляют по копирным линейкам 1 и 2.

Неуравновешенные детали при шлифовании лежат на ноже неустойчиво, особенно в заключительной части процесса, когда глубина резания незначительна, и нуждаются в дополнительной поддержке. На рис. 3.33 показана пружинная подставка для поддержки свешивающейся части обрабатываемой детали 3. Чтобы были исключены искажение геометрической формы шлифуемой поверхности и появление огранки на ней, пружина 1 подставки 2 должна быть мягкой.

**Шаровую поверхность 3** (рис. 3.34) шлифуют профильным кругом 2. Профилирование шлифовального круга производят в процессе правки. Расстояние от вершины алмаза до оси вращения должно быть равно половине окончательного диаметра шара. Ось пиноли должна лежать в средней плоскости шлифовального круга.

С целью экономии алмазного инструмента шлифовальные круги устанавливают на станок с предварительной радиусной проточкой.

Опорный нож цилиндрической частью устанавливают по оси радиусной выточки шлифовального круга. Ведущий круг имеет прямолинейную образующую и устанавливается по центру



**Рис. 3.34.** Расположение кругов при профильной правке режущей поверхности:  
1 – правящее устройство; 2 – шлифовальный круг;  
3 – обрабатываемая деталь; 4 – ведущий круг

шара, соприкасаясь с обрабатываемой поверхностью по узкой полоске А.

В процессе шлифования обрабатываемая деталь самоустанавливается в осевом направлении по радиусному профилю шлифовального круга. Поэтому ось ведущего круга должна быть строго параллельна оси шлифовального круга. На современных станках с профильной правкой шлифовального круга алмазным роликом совмещается шлифование шаровой и конической поверхности пальца за один установ в одной операции.

### 3.4.5. Способ шлифования на жестких опорах

Применяется для обработки тонкостенных деталей, он позволяет исправлять отклонения от соосности наружного и внутреннего диаметров, восстанавливать равенственность втулок, гильз и других полых деталей типа колец. Основное отличие этого способа состоит в том, что заготовка в процессе шлифования базируется не наружной поверхностью на опорном ноже, а внутренней цилиндрической поверхностью на неподвижных опорах. Для этого на бесцентрово-шлифовальном станке вместо суппорта с опорным ножом установлен кронштейн с оправкой 5 (рис. 3.35, а), на которой закреплены жесткие опоры 3.

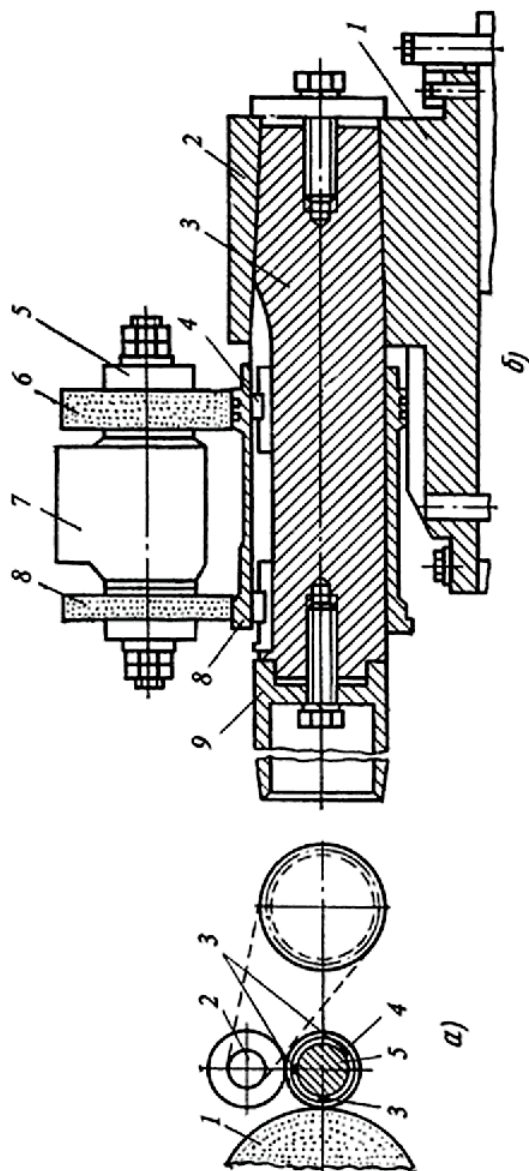


Рис. 3.35. Бесцентровое шлифование гильз на жестких опорах

Обрабатываемая деталь 4 с помощью ведущих роликов 2 поджимается и вращается на этих опорах. Шлифовальный круг 1 поджимает деталь к опоре 3 и копирует в процессе шлифования наружного диаметра внутреннюю цилиндрическую поверхность, исправляя этим разностенность.

Шлифование на жестких опорах показано на примере обработки автомобильной гильзы (рис. 3.35, б). На столе подвижной бабки ведущего круга закреплена плита 1, несущая кронштейн 2 с оправкой 3. Вдоль оси оправки выполнены три продольных паза, в которых закреплены твердосплавные (ВК8) жесткие опоры 4. Опоры по длине оправки располагаются двумя поясками соответственно шлифуемым поверхностям. Для обеспечения безопасности рабочего и облегчения установки обрабатываемой детали 8 к оправке закреплен направляющий стакан 9 с заходным конусом, вынесенным за пределы рабочей зоны станка. На той же плите расположена стойка, на которой смонтирован узел 7 вращения ведущих роликов. В корпусе на оси 5 закреплены два ведущих абразивных ролика 6. Ролики изготовляют из электрокорунда нормального на вулканитовой связке твердостью Т. Вращение роликов осуществляется от привода вращения ведущего круга.

Для плавности и легкости вращения гильзы на жестких опорах необходимо, чтобы твердосплавные контактные участки жестких опор имели минимальный параметр шероховатости не выше  $Ra = 0,15$  мкм. Лучше всего эти контактные участки доводить алмазной пастой.

В процессе шлифования разностенность гильз от 50-250 мкм уменьшается до 10-20 мкм. Простота наладки и установки гильзы на станок позволила повысить производительность

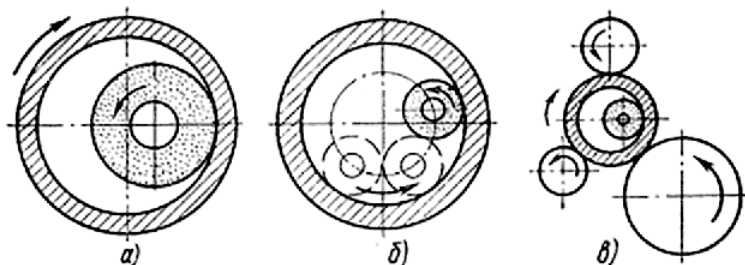


Рис. 3.36. Основные схемы шлифования, применяемые на внутришлифовальных станках



операции примерно в два раза по сравнению со шлифованием на центровых круглошлифовальных станках.

При врезном шлифовании можно одновременно шлифовать шейку и торец гильзы. Для этого ведущий круг достаточно наклонить на  $0,5^\circ$  и снять упор, ограничивающий перемещение заготовки. Для подобных наладок необходимо станок оборудовать приспособлением для правки торца шлифовального круга. Припуск со стороны торца не следует допускать более 0,1 мм.

### 3.5. ОБРАБОТКА НА ВНУТРИШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКАХ

#### 3.5.1. Внутришлифовальные станки

Предназначены для повышения размерной и геометрической точности и снижения шероховатости внутренних поверхностей деталей.

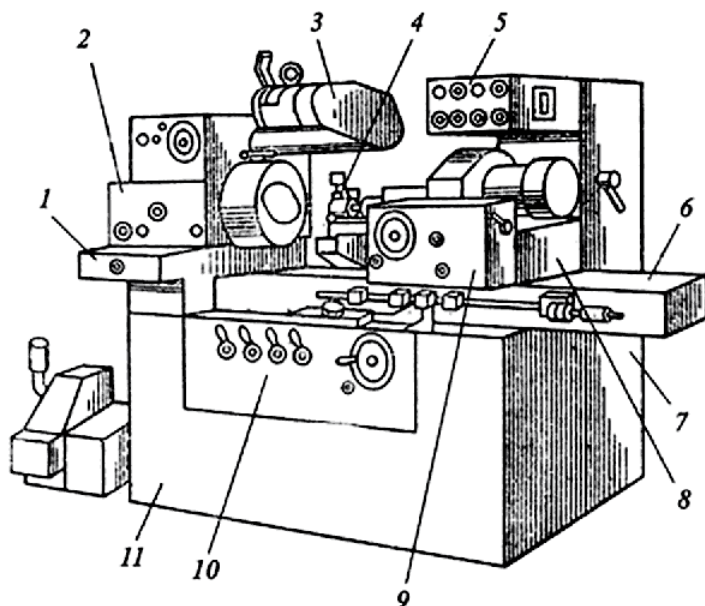


Рис. 3.37. Внутришлифовальный станок мод. 3К227В



Внутришлифовальные станки разделяют на три группы (рис. 3.36).

**Внутришлифовальные станки универсальные**, у которых вращается обрабатываемая деталь и шлифовальный круг, а продольные и поперечные подачи осуществляются перемещением шлифовального шпинделя или передней бабки (рис. 3.36, а). На рис. 3.37 показано устройство универсального внутришлифовального станка мод. 3К227В.

На верхней плоскости станины 11 установлен мост 1 с бабкой изделия 2. При наладке салазки, несущие бабку изделия, перемещаются по направляющим скользя моста. На корпусе бабки изделия установлено торцешлифовальное приспособление 3. Ввод торцешлифовального приспособления в рабочую зону станка осуществляется от гидроцилиндра, а его продольное наладочное перемещение выполняют вращением маховика 4.

Стол 6 с шлифовальной бабкой 9 перемещается возвратно-поступательно от гидроцилиндра по направляющим качения вдоль станины. Слева от станка расположена насосная станция с охлаждающей жидкостью. Справа сзади – электрошкаф 7 с электроаппаратурой и пультом управления 5, а так-

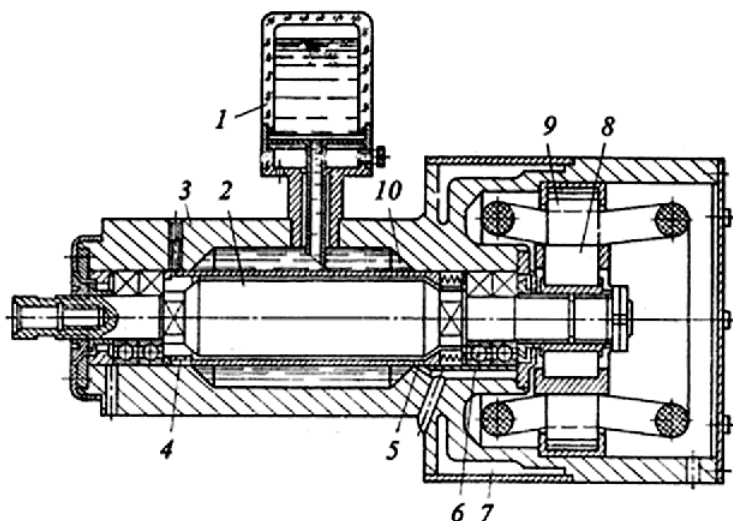


Рис. 3.38. Электршпиндель внутришлифовального станка

же пневмоагрегат, подающий масляный туман к опорам шпинделя. Управление движениями станка производится с гидропанели 10.

Внутришлифовальные станки оснащаются шпинделями с ременным приводом от отдельного электродвигателя или электрошпинделями – шпинделями со встроенным электроприводом (вместо шкива) (рис. 3.38).

Электрошпиндель внутришлифовального станка позволяет сообщать шлифовальному кругу частоту вращения до  $120000 \text{ мин}^{-1}$ . В корпусе 3 (рис. 3.38) на специальных сдвоенных упорных подшипниках особо высокой точности 6 смонтирован вал 2, на котором установлен ротор 8 высокочастотного электродвигателя. Статор двигателя 9 запрессован с нерабочего корпуса 3 и охлаждается смазочно-охлаждающей жидкостью (СОЖ), подаваемой в рубашку 7. Слишком обильная смазка подшипников при высоких частотах вращения вызывает отрицательные явления (потери мощности на перемешивание масла и нагрев подшипников), поэтому здесь масло из масленки 1 заполняет полость 10, откуда в незначительных дозах поступает к подшипникам через фетровые гнезда 4 и 5. Температура масла во время работы электрошпинделя не превышает  $40^{\circ}\text{C}$ . Для смазки можно применять лишь масла с малой вязкостью (вазелиновое или индустриальное И-12А).

**Планетарные внутришлифовальные станки**, у которых обрабатываемую деталь, обычно крупногабаритную, устанавливают неподвижно на столе станка, а шлифовальный круг совершает одновременно вращательное движение вокруг своей оси и планетарное – относительно оси обрабатываемого отверстия (рис. 3.36, б) с продольной или поперечной подачей инструмента.

**Бесцентрово-внутришлифовальные станки**, у которых обрабатываемая деталь вращается тремя роликами, один из которых является ведущим и вращает деталь (рис. 3.36, в), или деталь (кольцо) торцом прижимается к магнитной планшайбе патрона, а наружным диаметром опирается на неподвижный башмак. Эти станки применяют для шлифования тонкостенных деталей типа гильз и колец шарикоподшипников, где шлифуемое отверстие должно копировать форму наружного диаметра и этим обеспечить равенство стенок полой обрабатываемой детали.

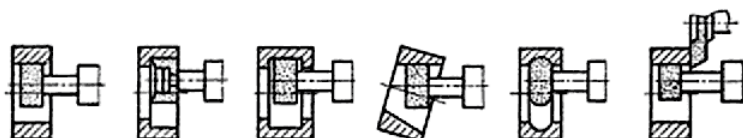


Рис. 3.39. Схемы шлифования на внутришлифовальных станках

### 3.5.2. Шлифование отверстий

Шлифование отверстий на внутришлифовальных станках выполняют напроход и врезанием. Врезной способ (без продольных подач) используют при обработке коротких, фасонных и глухих отверстий, не имеющих канавок для выхода круга. Во всех остальных случаях применяют способ шлифования напроход, обеспечивающий более высокую точность и меньший параметр шероховатости поверхности. Примеры обработки отверстий на внутришлифовальных станках показаны на рис. 3.39.

Основные способы крепления кругов в зависимости от размеров и формы шлифовального круга приведены в табл. 3.3.

Крепление инструмента на шпинделе, оправках или переходных фланцах должно быть надежным и не создавать в инструменте внутренних напряжений. Для равномерного зазора между кругом и торцевой поверхностью оправки или фланца устанавливают прокладки толщиной 0,5-0,3 мм из кожи, войлока, резины или картона.

Таблица 3.3

Способы крепления кругов для внутреннего шлифования

Способы крепления кругов	d	D	H
Крепление шлифовальных кругов и головок на оправке приклеиванием	1	3,2	10
	1,5	5,0	
	1,6	6,0	
	2	6,3	16
	3	12	25
	4	13	
	6	16	40
	8; 10	40	40
	13		60

Таблица 3.3  
(продолжение)

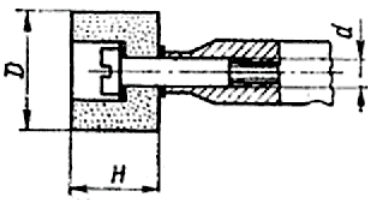
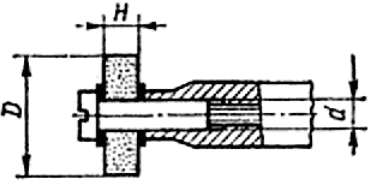
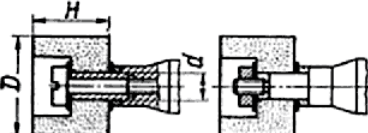
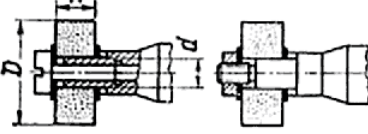
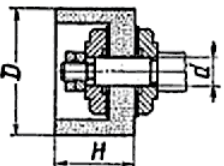
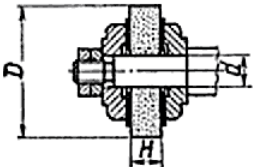
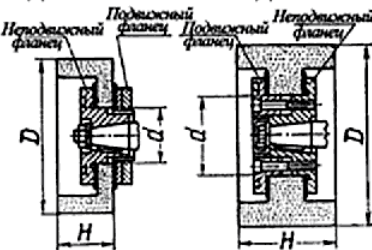
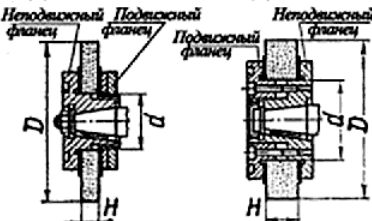
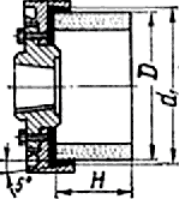

<p>Крепление шлифовальных кругов чашечной формы</p> 	6	20	40
	10	32	32
	13; 16	50	
	20	63	50
<p>Круги остальных форм</p> 	3; 4	13	20
	6	20	25
		25	40
		40	10
	8	25	40
			8
	10	40	40
	13		
	16	50	63
	20	63	
<p>Исполнение 1      Исполнение 2</p> 	10	32	32
	13	40	50
	16	50	21,5; 50
	20	80	40; 63; 80
		100	50; 63
<p>Исполнение 1      Исполнение 2</p> 	10	32	20; 40
	13	40; 50	25
	16	40	20; 50; 63
		50	20; 40; 63
	20	63	20; 40; 63
		80	20; 40; 63
	100	20; 40	
	10-32	32-200	32-80

Таблица 3.3  
(окончание)

	10-32	32-250	8-100
<p>Для <math>d \leq 51</math>      Для <math>d &gt; 51</math></p> 	32-305	160-900	25-250
<p>Для <math>d \leq 51</math>      Для <math>d &gt; 51</math></p> 	32-508	160-1250	10-250
<p>Исполнение 1</p>  <p>Исполнение 2</p> 	205-508	200-500	100-160

При шлифовании напроход обработка, как правило, ведется в одну операцию. При длительном выхаживании достигает-

ся параметр шероховатости поверхности  $Ra\ 0,4 + 0,6$  мкм. Учитывая малую жесткость шпинделя внутришлифовальной головки и малый диаметр круга, рекомендуют снимать минимальные припуски.

Диаметр круга выбирают наибольший допустимый для диаметра обрабатываемого отверстия. Отношение диаметра шлифовального круга к диаметру отверстия детали составляет 0,95 для отверстий до  $\varnothing\ 30$  мм,  $0,85 + 0,8$  для отверстий  $\varnothing\ 80 + 125$  мм и 0,7 для отверстий  $\varnothing\ 160 + 200$  мм. Для отверстий свыше 200 мм диаметр круга определяют по диаметру шпинделя шлифовальной бабки.

Высота (ширина) круга выбирается в зависимости от длины образующей обрабатываемого отверстия с учетом хода осцилляции шлифовального круга.

Продольную подачу обычно выбирают в долях высоты круга, и она не должна превышать  $3/4$  его высоты на один оборот детали. Число двойных ходов стола и частота вращения детали не должны составлять передаточного отношения, равного целому числу.

Рекомендуют следующие скорости шлифовального круга (м/с) при внутреннем шлифовании различных материалов: стали конструкционные и низколегированные – 30-60; стали высоколегированные, трудношлифуемые – 20-25; чугун – 20-30; твердый сплав – 12-20; цветные металлы – 20-30; стекло – 8-12; пластмассы и резина – 15-20.

Скорость вращения детали должна составлять 0,015-0,03 от скорости шлифовального круга. При этом большие значения выбираются при шлифовании материалов, склонных к прижогам и трещинам. При шлифовании с продольной подачей величина перебега круга с каждой стороны должна быть равной  $1/3$ , но не более  $1/2$  высоты круга. Круг из отверстия выводят лишь по окончании шлифования или для его правки.

Основными технологическими преимуществами внутреннего шлифования являются возможности исправления исходных погрешностей геометрической формы и положение оси отверстия, обработки за один установ отверстия и торца с обеспечением высокой точности их взаимного расположения, обработки глухих, фасонных, конических и некруглых отверстий.

### **3.5.3. Установка и крепление обрабатываемой детали**

По характеру установки и зажима обрабатываемой детали различают два способа: центральной и бесцентровой.

При центровом способе деталь устанавливается в патроне, при этом отклонение от круглости и биение отверстия во многом зависят от состояния зажимного устройства и передней бабки станка. При бесцентровой базировании эти факторы не оказывают влияния на точность обработки. Однако метод бесцентрового шлифования предъявляет более высокие требования к геометрической точности и качеству базовой опорной поверхности детали.

На внутришлифовальных станках применяют кулачковые, мембранные и магнитные патроны. Кулачковые патроны широко используют в единичном и мелкосерийном производствах, такие патроны допускают обработку деталей с большим диапазоном установочных наружных диаметров.

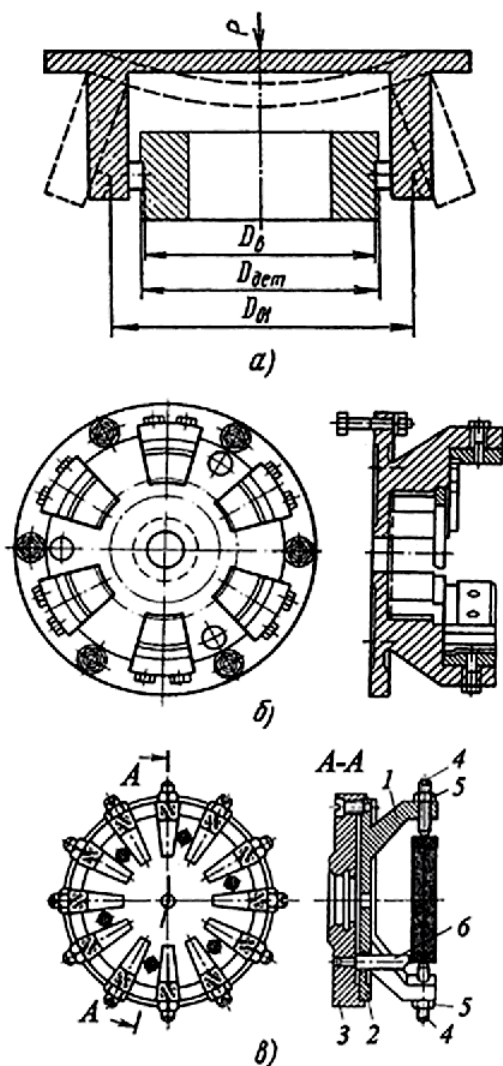
В массовом и серийном производствах целесообразно применять мембранные и магнитные патроны, обеспечивающие более точную установку обрабатываемой детали.

Основным достоинством мембранных патронов является простота конструкции и изготовления, а также отсутствие быстроизнашиваемых подвижных деталей (характерных для кулачковых патронов), благодаря чему они длительно работают, сохраняя точность установки деталей на станке.

Точное центрирование и малая деформация при зажиме обеспечивают высокую размерную и геометрическую точность обрабатываемого отверстия.

По своей конструкции мембранные патроны разделяют на винтовые и кулачковые. Винтовые патроны применяют для зажима деталей диаметром 10-300 мм, кулачковые – для диаметров 200-400 мм.

Принцип действия мембранного патрона показан на рис. 3.40. Под действием силы  $P$  корпус мембранного патрона прогибается, вызывая раздвижение кулачков до диаметра  $D_{01}$ . Поскольку диаметр  $D_{01}$  больше диаметра обрабатываемой детали  $D_{\text{дет}}$ , ее можно свободно установить в патрон. После отвода штока и прекращения действия силы кулачки сжимаются до первоначального положения  $D_0$  и удерживают обрабатываемую деталь.



**Рис. 3.40. Мембранный патрон:**  
 а – принцип действия; б – кулачковый; в – винтовой:  
 1 – кулачки с мембраной; 2, 3 – планшайба шпинделя;  
 4 – кулачки-винты с гайками; 5, 6 – осевые опоры



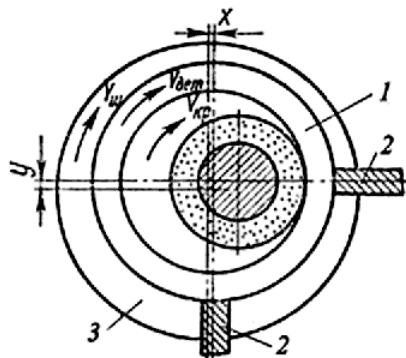


Рис 3.41. Схема шлифования отверстия с магнитным патроном на жестких опорах

При бесцентровом шлифовании с магнитным патроном обрабатываемую деталь устанавливают на жесткие опоры (башмаки). Шлифование на жестких опорах для обработки отверстий во втулках, имеющих шлифованный торец. Заготовка 1 лежит на жестких опорах 2 (рис. 3.41) и поджимается плоским шлифованным торцом к вращающейся планшайбе 3 шпинделя роликами или электромагнитом. Сила трения между поверхностью планшайбы и торцом заготовки заставляет вращаться заготовку. Заготовка на опорах 2 располагается эксцентрично оси вращения шпинделя. Это создает скольжение заготовки 1 по поверхности торца патрона 3 и прижим заготовки к опорам (башмакам) 2.

### 3.6. ОБРАБОТКА НА ПЛОСКОШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКАХ

Плоское шлифование выполняется на станках с прямоугольным или круглым столом, работающих периферией или торцом круга (рис. 3.42). Станки с прямоугольным столом предназначены для обработки поверхностей деталей, форма которых описана прямолинейной образующей, перемещаемой в пространстве по траектории, расположенной в перпендикулярном сечении к образующей и состоящей из сопряженных прямолинейных и криволинейных участков, уступов, пазов и других незамкнутых фигур. Станки с круглым столом чаще обрабатывают детали по торцу.

При плоском шлифовании применяют круги различной формы.

Плоское шлифование периферией круга осуществляется шлифовальными кругами типа ПП диаметром 100-500 мм и шириной 8-75 мм (реже до 100 мм).

При шлифовании торцовых поверхностей применяют широкие круги типов ПВ и ПВД.

В целях сохранения рабочей скорости круга постоянной при плоском шлифовании широко применяют станки, работающие торцом круга типа К, ЧК, ЧЦ, ПН, а также сегменты, закрепленные в специальной сегментной головке.

Шлифование торцом круга более производительное, так как в резании одновременно участвует большое число режущих зерен.

Однако большой контакт круга с деталью при торцешлифовании вызывает интенсивное выделение теплоты в процессе шлифования, что нередко приводит к тепловым деформациям, прижогам и трещинам на обрабатываемых поверхностях.

При шлифовании периферией круга поверхность контакта и число одновременно режущих зерен значительно уменьшаются, поэтому уменьшаются производительность, количество выделяемой теплоты и тепловые деформации. Последнее особенно важно для получения высокой точности шлифования маложестких и тонких деталей, где нужно избежать коробления и прижогов.

Станки, работающие периферией круга, более универсальны. Они обрабатывают плоские и фасонные поверхности, прямобочные и профильные канавки, тонкостенные детали и

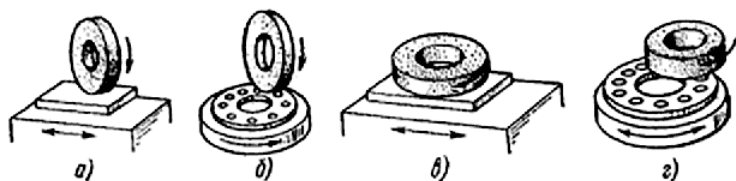


Рис. 3.42. Основные схемы шлифования на плоскошлифовальных станках:

- а – шлифование периферией круга на станке с прямоугольным столом;
- б – шлифование периферией круга на станке с круглым столом;
- в – шлифование торцом круга на станке с прямоугольным столом;
- г – шлифование торцом круга на станке с круглым столом

трудношлифуемые материалы, склонные к прижогам. Поэтому способ шлифования периферией круга широко применяют в единичном и мелкосерийном производствах, где требуются универсальные наладки. В массовом и серийном производствах этот способ применяют там, где нельзя использовать торцешлифование (фасонное шлифование, шлицешлифование и обработку трудношлифуемых материалов).

Шлифование периферией круга осуществляют на станках с прямоугольным и круглым столом. Наиболее универсальным является шлифование на станках с прямоугольным столом, где преимущественно обрабатывают детали удлиненной формы, поверхности с высокими требованиями плоскостности, детали с буртами, пазами, канавками, неустойчивые детали и детали, требующие обработки фасонных поверхностей. При обработке последних круг профилируется в процессе правки.

На плоскошлифовальном станке различают главное движение и движения подачи.

Скорость вращения шлифовального круга (м/с) определяют по формуле:

$$v = \frac{\pi D_k n}{60 \times 1000},$$

где  $D_k$  – диаметр шлифовального круга, мм;  $n$  – частота вращения шлифовального круга,  $\text{мин}^{-1}$ .

Шлифовальные круги работают с окружной скоростью  $v_k$ , равной 35, 50, 60 м/с и более.

Подача может быть непрерывной или периодической на глубину  $t$ .

При шлифовании с продольной подачей различают подачу: на одинарный ход стола  $t_x$  (мм/х) или на двойной ход стола  $t_{dx}$  (мм/дх) в минуту  $t_M$  (мм/мин). Между этими подачами при шлифовании с продольной подачей имеются следующие зависимости:

$$t_M = t_x n_x;$$

$$t_M = t_{dx} n_{dx}.$$

Режущая способность шлифовального круга в сочетании с режимами шлифования определяет интенсивность съема металла, т. е. объем металла  $Q_m$  ( $\text{мм}^3/\text{мин}$ ), снимаемый в единицу времени.

Рекомендации по выбору величины подач с учетом исходных данных приводятся в руководстве по эксплуатации станка и в справочниках по режимам резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках.

В зависимости от вида выполняемых работ плоскошлифовальные станки делят на станки общего и станки специального назначения.

Плоскошлифовальный станок с прямоугольным столом (рис. 3.43) состоит из станины 1, по горизонтальным поперечным направляющим которой перемещается крестовый стол с панелью управления 7. На крестовом столе по продольным направляющим перемещается продольный стол с Т-образными пазами для крепления заготовки или приспособлений (например, магнитной плиты 6), которыми крепится заготовка при шлифовании. По вертикальным направляющим стойки 3 перемещается шпиндель станка 4 со шлифовальным кругом 5.

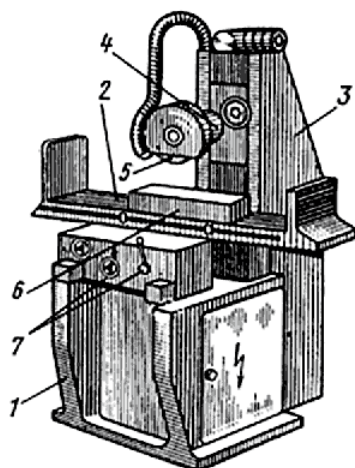
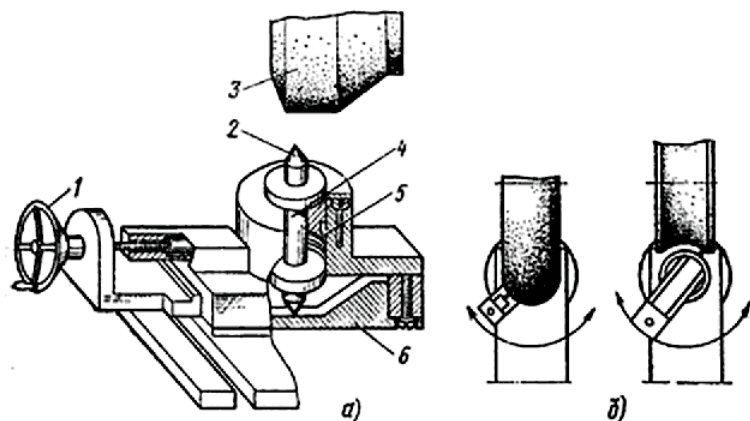


Рис. 3.43. Плоскошлифовальный станок



**Рис. 3.44. Профильная правка кругов:**  
 а – универсальное приспособление для профильной правки кругов;  
 б – схема правки по радиусу

### 3.6.1. Правка и профилирование круга

В массовом и крупносерийном производствах правящие устройства для профилирования расположены на шлифовальной бабке.

В мелкосерийном и единичном производствах заданный профиль на шлифовальном круге можно получить с помощью съемного приспособления с правящим инструментом, устанавливаемого на стол станка (рис. 3.44, а).

Правящий алмаз 2 закрепляют в подвижной державке 4. В нижней части державки 4 имеется рабочий наконечник, который под действием пружины 5 поджат к копиру 6. Поворотом маховика 1 державка 4 перемещается вдоль копира и передает его профиль шлифовальному кругу 3. Радиусные формы выпуклого или вогнутого профиля образуются поворотными правящими устройствами (рис. 3.44, б), закрепленными также на столе станка.

### 3.6.2. Установка и крепление обрабатываемой детали

Шлифуемые детали в зависимости от материала, формы и размеров крепят на рабочей поверхности основного стола или на электромагнитной плите.

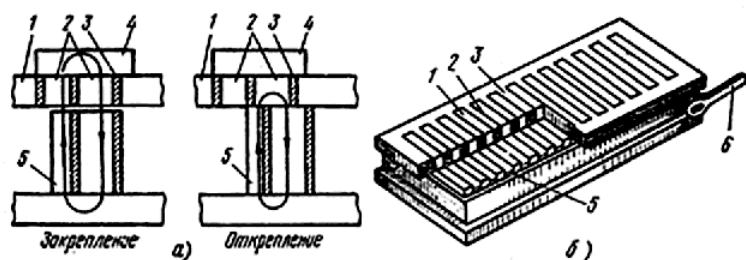


Рис. 3.45. Схема действия магнитных плит:

а – магнитной; б – общий вид магнитной плиты;

1, 2 – железные пластины; 3 – магнитные прослойки между пластинами;

4 – закрепляемая деталь; 5 – постоянные магниты;

6 – рукоятка для перемещения блоков постоянных магнитов

**Магнитные приспособления.** Наиболее распространенный метод крепления деталей из магнитных материалов. Для этого чаще всего используют электромагнитные и магнитные плиты (рис. 3.45).

Магнитные плиты позволяют быстро и надежно закрепить заготовку. Магнитные плиты устанавливаются болтами, которые устанавливаются в Т-образных пазах стола. Плоская плита (рис. 3.46, а) предназначена для установки и крепления заготовок и приспособлений с горизонтальным основанием; синусная плита (рис. 3.46, б) предназначена для установки и крепления заго-

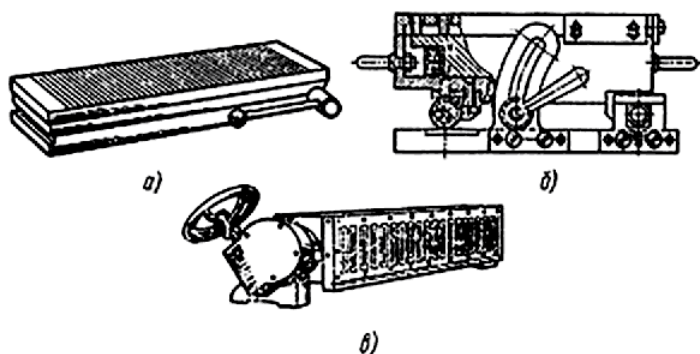


Рис. 3.46. Магнитные плиты:

а – плоская; б – синусная; в – поворотная



товок для обработки под точным углом наклона; поворотная плита (рис. 3.46, в) предназначена для установки и крепления заготовок, обрабатываемых под разными углами наклона.

Обычно электромагнитные и магнитные плиты сочетают с призмами и подставками или лекальными тисками, на которых устанавливают обрабатываемую деталь (рис. 3.47).

На рис. 3.47, а показано шлифование кругом 1 профильного шаблона 2, установленного в лекальных тисках 3, которые лежат в угловой магнитной призме 4. Призма поставлена на синусную магнитную плиту 5. Деталь на плиту устанавливают так, чтобы магнитный поток проходил через закрепляемую деталь, являющуюся частью магнитопровода; для этого деталь располагают перпендикулярно диамагнитным прокладкам. На рис. 3.47, б показано шлифование деталей под разными углами.

Способ крепления на электромагнитных и магнитных плитах имеет ряд недостатков: наличие остаточного магнетизма, требующего размагничивания после обработки; нагревание электромагнитной плиты во время работы, что приводит к понижению точности обработки; опасность деформирования тонких деталей при зажиме магнитом; невозможность крепления деталей из немагнитных материалов.

Для устранения нагрева применяют комбинированные плиты с импульсными магнитами. Такая плита работает как постоянный магнит с периодическим включением электромагнита, что увеличивает силу прижима и устраняет нагрев.

Приспособления с механическим креплением обрабатываемой детали. Кроме магнитных плит для закрепления де-

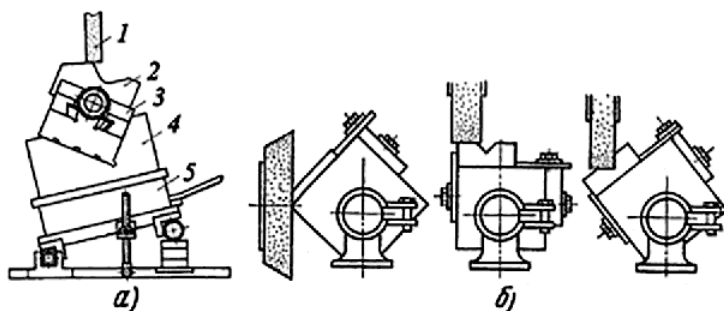


Рис. 3.47. Шлифование различных поверхностей с синусным приспособлением:

а – профиля шаблона; б – под разными углами

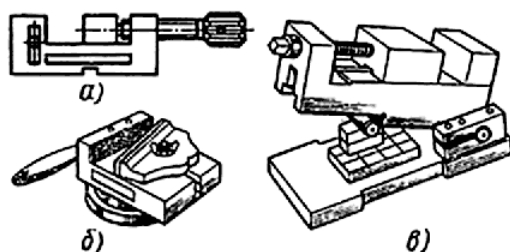


Рис. 3.48. Тиски:

а – лекальные; б – синусные; в – с поворотной губкой

талей используют тиски, планки и угольники различных размеров, к которым детали прикрепляют струбцинами и др.

Для закрепления заготовок применяют станочные тиски (рис. 3.48) Лекальные тиски (рис. 3.48, а) отличаются от остальных разновидностей точностью изготовления и возможностью установки с поворотом вместе с деталью на  $90^\circ$ .

Боковые поверхности лекальных тисков изготавливают параллельными друг другу и перпендикулярными основанию. Для их закрепления предусматривают резьбовые отверстия. Чаще их закрепляют на магнитной плите. Тиски изготавливают из стали, закачивают и шлифуют со всех сторон.

При плоском шлифовании немагнитных материалов применяют чугунные плиты. Заготовки фиксируют различными прихватами, болтами и струбцинами.

Для закрепления заготовок при плоском шлифовании широко используют установочные планки, плитки и угольники. Планки и плитки повышают надежность закрепления заготовок на плите, а угольники применяют при установке и креплении заготовок прямоугольной формы. Заготовки прикрепляют к угольникам струбцинами.

### 3.6.3. Шлицшлифование

Является разновидностью плоского шлифования на станках с прямоугольным столом.

При методе центрирования валов, имеющих до шести шлицевых канавок, целесообразно проводить шлифование одним профилированным кругом дна и боковых стенок паза (рис. 3.49, а), при этом лучших результатов достигают круга-



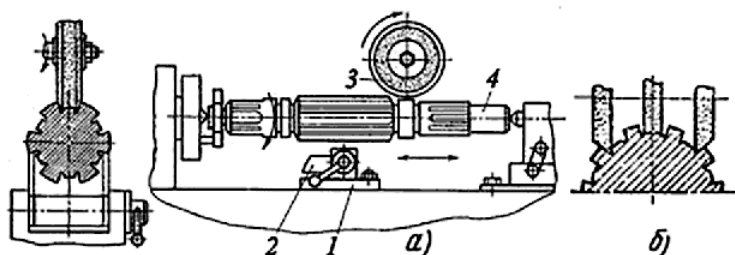


Рис. 3.49. Схемы шлицшлифования:

- а – одним кругом (1 – корпус установочного шаблона;  
2 – шаблон для угловой установки шлифуемых поверхностей шлиц;  
3 – шлифовальный круг; 4 – установленный в центрах вал);  
б – тремя кругами, установленными на одной шпиндельной оправке

ми на керамической связке, обладающими повышенной кромкостойкостью. Валы, имеющие более шести канавок, целесообразно шлифовать одновременно тремя кругами три разные канавки (рис. 3.49, б), что позволяет увеличить угол правки боковых кругов и этим повысить их кромкостойкость. Возможно применение метода раздельного шлифования боковых сторон и дна паза.

На плоскошлифовальных станках, как правило, применяется способ многопроходного шлифования с малой глубиной резания и большими подачами. Этот способ обеспечивает наименьшее тепловыделение при шлифовании и высокое качество обработки.

В последнее время получил развитие метод плоского глубинного профильного шлифования по целому без предварительной лезвийной обработки. Шлифовальный круг врезаются в деталь на глубину заданного профиля, и процесс шлифования осуществляется при очень медленной «ползучей» по-

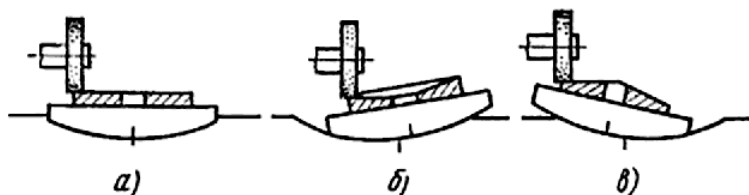


Рис. 3.50. Влияние наклона круглого стола на плоскостность шлифуемой поверхности:  
а – плоская; б – вогнутая; в – выпуклая

даче стола. Весь заданный профиль вышлифовывают за один-два прохода. Метод глубинного плоского шлифования целесообразен при обработке заготовок повышенной твердости или пониженной обрабатываемости лезвийным инструментом.

На станках с возвратно-поступательным движением стола его скорость обычно не превышает 10 м/мин из-за инерционности механизма реверсирования стола.

Станки с круглым вращающимся столом более производительны, чем с прямоугольным столом за счет сокращения времени на реверсирование и перебеги стола, а также благодаря возможности повышения скорости движения стола.

На станках с круглым столом скорость вращения стола достигает 20-30 м/мин. Это является большим преимуществом при шлифовании закаленных деталей, склонных к прижогам и трещинам. Поэтому при обработке большого числа мелких деталей, а также деталей, имеющих круглую или квадратную форму, целесообразно использовать станки с круглым столом. Эти станки менее универсальны, чем станки с прямоугольным столом, поэтому их применяют в серийном и массовом производствах. Для получения хорошей плоскостности шлифуемых поверхностей необходимо, чтобы ось вращающегося стола была перпендикулярна оси шпинделя шлифовального круга (рис. 3.50).

#### 3.6.4. Шлифование торцом круга

Осуществляют на станках с прямоугольным и круглым столом, а также на двусторонних станках, где одновременно обрабатываются две параллельные плоскости детали.

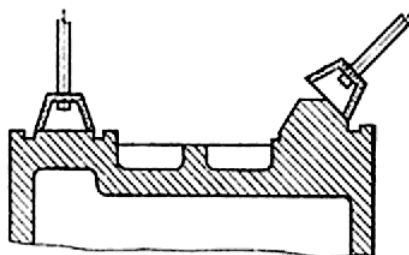


Рис. 3.51. Обработка направляющих станины на торцшлифовальном станке с прямоугольным столом

Станки торцешлифовальные с прямоугольным столом более универсальны; наибольшее применение они имеют для шлифования направляющих плоскостей, пазов, удлиненных плоских поверхностей и различных труднодоступных наклонных поверхностей (рис. 3.51).

При шлифовании с большим съемом, чтобы избежать нагревания и деформации обрабатываемой поверхности, применяют сегментный шлифовальный круг на бакелитовой связке и уменьшают поверхность резания наклоном шлифовального круга.

Величина наклона круга сопровождается появлением характерной сетки на шлифованной поверхности (рис. 3.52).

Станок с круглым вращающимся столом осуществляет наиболее производительную обработку. Обработка ведется двумя методами: многопроходным и однопроходным (глубинным).

При многопроходном шлифовании стол станка получает быстрое вращение (в среднем 15-20 м/мин); вертикальная подача шлифовального круга (на врезание) осуществляется периодически на один или несколько оборотов стола. При однопроходном шлифовании стол станка медленно вращается

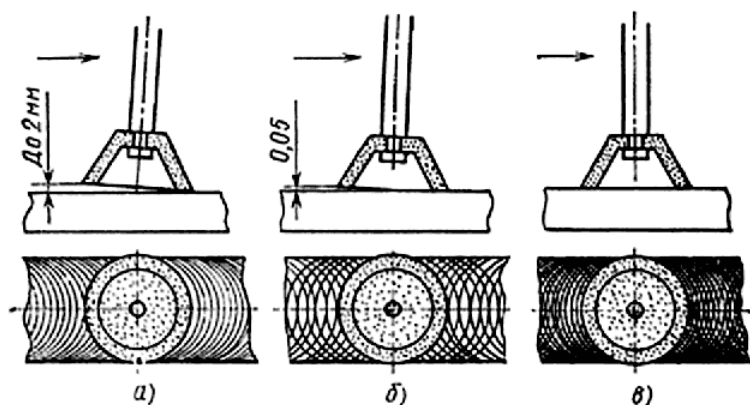
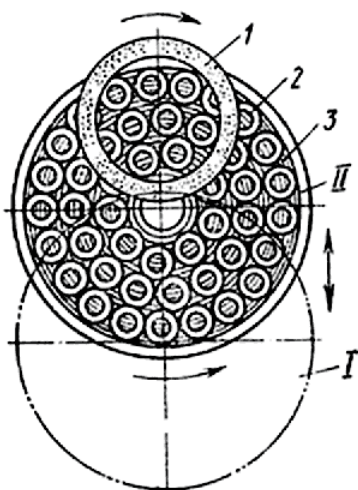


Рис. 3.52. Характерные следы рисок

на шлифованной поверхности детали после обработки на торцешлифовальном станке с разным наклоном круга:

- а - с большим наклоном круга для операций обдирочного шлифования;
- б - с малым наклоном круга на чистовых операциях шлифования;
- в - без наклона круга на прецизионных операциях шлифования с высокими требованиями плоскостности



**Рис. 3.53.** Схема наладки многопроходного шлифования:  
I – загрузочное положение; II – рабочее положение: 1 – шлифовальный круг;  
2 – обрабатываемая деталь; 3 – стол станка

(в среднем со скоростью 0,5-3,0 м/мин), и за один оборот стола снимается весь припуск.

### 3.6.5. Многопроходное шлифование

Многопроходное шлифование, выполняемое на малых глубинах резания, сопровождается значительно меньшими силами резания и тепловыделением по сравнению с глубинным шлифованием. Обрабатываемые детали не требуют столь сильного зажима, как при глубинном шлифовании, и тем их меньше деформируют. Поэтому многопроходным шлифованием обеспечивается более точная обработка с получением параметров шероховатости поверхности  $Ra = 0,4 + 1,2$  мкм. Схема наладки метода шлифования показана на рис. 3.53.

Наладка отличается простотой и универсальностью. Однако по производительности этот метод из-за больших затрат времени на установку, снятие и измерение обрабатываемых деталей значительно уступает однопроходному шлифованию. Многопроходное шлифование возможно лишь на одношпиндельных станках.

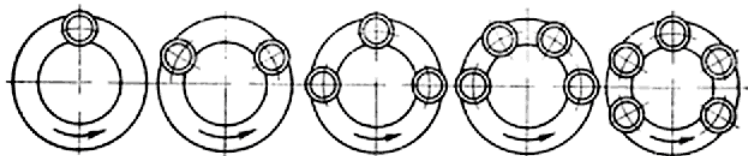


Рис. 3.54. Расположение шлифовальных бабок на торцешлифовальных станках для однопроходного шлифования

### 3.6.6. Однопроходное шлифование

В зависимости от заданного припуска, требований точности, шероховатости поверхности и производительности однопроходное шлифование применяют на станках с одной, двумя, тремя, четырьмя и пятью шлифовальными головками (рис. 3.54).

При этом загрузка, разгрузка и другие вспомогательные приемы выполняются за счет машинного времени обработки. При проектировании операции однопроходного шлифования необходимо учитывать, что снимаемый одним кругом припуск не должен превышать на предварительной обработке 0,7 мм и на окончательной обработке 0,3 мм, при этом параметр шероховатости поверхности обеспечивается не выше  $Ra = 0,6$  мкм.

Однопроходное шлифование сопровождается концентрацией в детали большого количества тепла. Поэтому этот метод не рекомендуют для тонкостенных деталей и труднообрабатываемых материалов, имеющих склонность к прижогам и трещинам.

Однопроходное шлифование связано с многоместными наладками и прочным креплением обрабатываемых деталей; чаще применяют не электромагнитные устройства, а установочные приспособления с механическими зажимами. Метод однопроходного шлифования целесообразен для массового и серийного производства.

Для предупреждения прижогов шлифуемой поверхности целесообразно применять мягкие крупнозернистые круги на бакелитовой связке, а форму их выбирать, исходя из величины обрабатываемой поверхности.

Сплошной круг (рис. 3.55, а) применяют для шлифования прерывистых поверхностей. При значительной площади непрерывного соприкосновения с кругом следует брать круги с отверстиями или канавками (рис. 3.55, б); при шлифовании



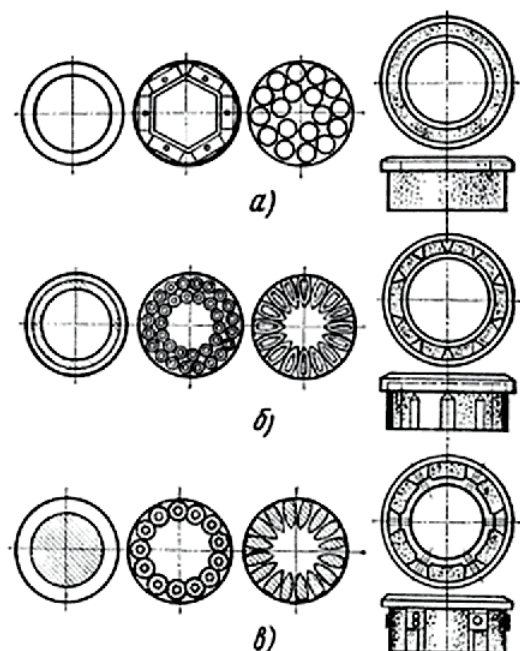


Рис. 3.55. Выбор формы круга в зависимости от площади и конфигурации шлифуемых деталей

сплошных поверхностей необходимо использовать сегментные круги (рис. 3.55, в).

В большинстве случаев шлифование ведется в условиях самозатачивания кругов.

Правку круга производят примерно раз в смену для выравнивания абразивной рабочей поверхности.

Правящим инструментом обычно служит набор металлических звездочек. На некоторых чистовых операциях круги правят алмазным карандашом на металлической связке.

На рис. 3.56 показана обработка мелких деталей методом однопроходного шлифования на станке непрерывного действия.

Электромагнитный зажим действует в рабочей зоне А, а в загрузочно-разгрузочной зоне Б зажим автоматически выключается. Оператор при вращении стола загружает детали

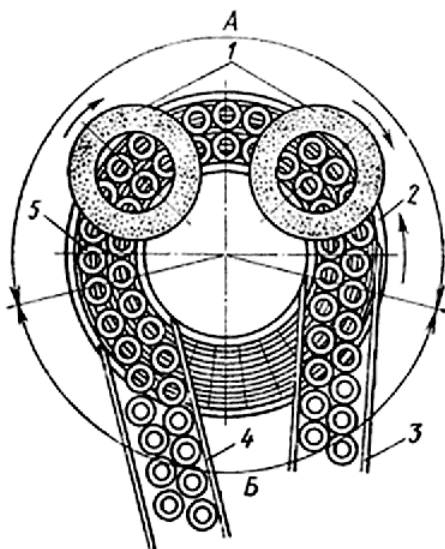


Рис. 3.56. Обработка мелких деталей методом однопроходного шлифования

через лоток 3. Поступая в зону А, детали зажимаются на магнитном столе 2 и шлифуются кругами 1. При выходе из рабочей зоны детали 5 освобождаются от зажима и сбрасываются в лоток 4. Весь припуск снимается за один оборот стола. Компенсацию износа круга, контроль размеров, загрузки и разгрузки деталей производят без останова процесса шлифования.

При обработке деталей с прерывистыми поверхностями и снятии больших припусков, когда магнитным зажимом не обеспечивается надежное крепление, применяют механический зажим деталей.

Обработка деталей с механическим зажимом показана на рис. 3.57.

На одном шпинделе установлен круг зернистостью 32, снимающий припуск 0,2 мм. На втором шпинделе круг имеет зернистость 25 и снимает припуск 0,1 мм на сторону. Отклонение от параллельности сторон после шлифования не превышает 0,06 мм. Параметр шероховатости обработанной поверхности  $Ra = 0,8 + 1,2$  мкм. На столе станка монтируется многопозиционное приспособление с автоматическим зажимом деталей.

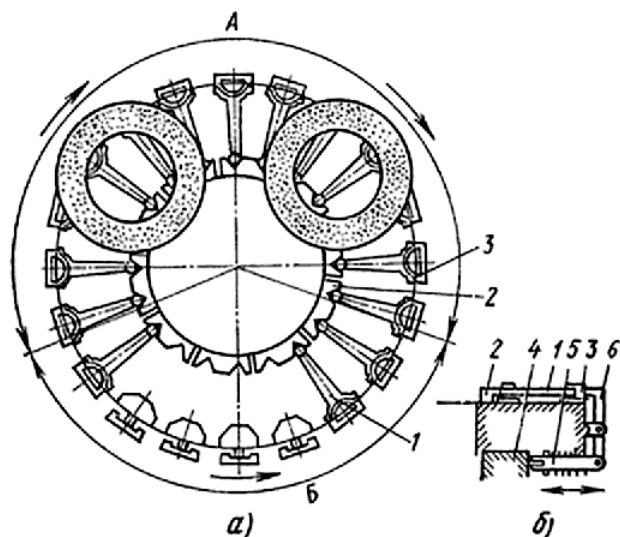


Рис. 3.57. Обработка деталей с механическим зажимом:  
а – шлифование боковых сторон шатуна; б – механизм зажима деталей

Деталь 1 кладут на базовую площадку между призмой 2 и зажимной вилкой 3, действующей от копирного кольца 4 через систему рычагов 5 и 6. Копирное кольцо 4 закреплено на окружности стола; форма копирного кольца обеспечивает отход вилки 3 в загрузочной зоне Б и зажим вилкой обрабатываемой детали перед вступлением в рабочую зону А. Загрузку и разгрузку деталей производят вручную при непрерывном вращении стола за счет машинного времени обработки.

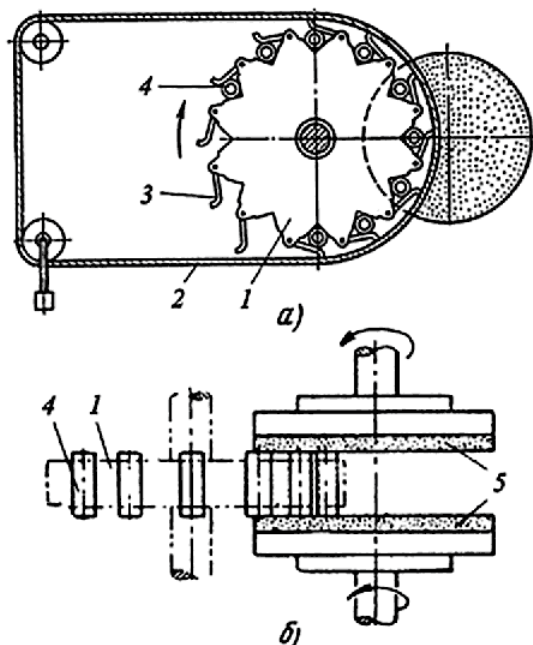
### 3.6.7. Шлифование на двусторонних станках

Одновременное шлифование двух параллельных плоскостей осуществляют на двусторонних торцешлифовальных станках.

Двустороннее торцешлифование обеспечивает высокую точность по параллельности и плоскостности боковых сторон при очень высокой производительности обработки.

Основным недостатком двусторонних торцешлифовальных станков являются большие поверхности контакта режущего инструмента с деталью, вызывающие интенсивное выделение





**Рис. 3.58.** Схема наладки одновременного шлифования торцов поршневого пальца:  
 а – схема загрузки; б – схема двустороннего шлифования

теплоты. Поэтому на этих станках применяют мягкие крупнозернистые шлифовальные круги на бакелитовой связке, работающие в режиме самозатачивания. Технологические возможности двустороннего торцешлифования показаны на примере обработки поршневых пальцев и колец.

На рис. 3.58 показана схема шлифования торцов поршневого пальца.

Длина пальцев 90 мм, диаметр 30 мм, снимаемый припуск 0,4 мм на сторону, круговая подача загрузочного диска 2 м/мин. Обрабатываемые пальцы укладывают в призмы, равнорасположенные на периферии вращающегося загрузочного барабана 1. Приближаясь к зоне шлифования, рычаг 3 натяжением троса 2 зажимает деталь 4 в призме. При выходе из зоны шлифования рычаг 3 откидывается, и обработанный палец выпадает из призмы.

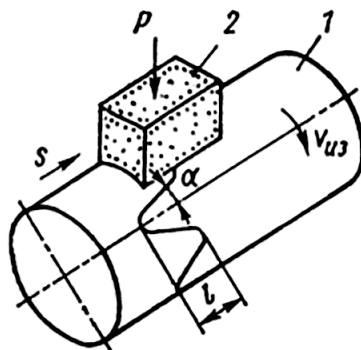
Отклонение от параллельности шлифованных торцов не превышает 0,02 мм. Длина пальца выдерживается с точностью 0,1 мм. Производительность 1000 шт/ч.

### 3.7. ОБРАБОТКА НА СУПЕРФИНИШНЫХ СТАНКАХ

Суперфинишной обработкой является процесс финишной обработки деталей при осциллирующем движении абразивных брусков 2, прижатых к обрабатываемой поверхности 1 с определенной силой, в сочетании с вращением и продольной подачей детали или брусков (рис. 3.59).

Процесс резания при суперфинише происходит за счет внедрения большого числа абразивных зерен на поверхности бруска, которые находятся в контакте с обрабатываемой поверхностью детали. Сложное движение каждого абразивного зерна по обрабатываемой поверхности приводит к тому, что срезание металла осуществляется разными гранями зерна, что способствует очистке зерен от стружки и поддержанию хорошей их режущей способности. Это наиболее существенная положительная особенность процесса суперфинишной обработки деталей.

Припуск под обработку обычно составляет 5-20 мкм при исходной шероховатости поверхности  $Ra = 0,63 \pm 1,25$  мкм; достигаемая шероховатость  $Ra = 0,024 \pm 0,16$  мкм (табл. 3.4).



**Рис. 3.59.** Схема суперфинишной обработки:  
P – усилие прижатия бруска;  $V_{из}$  – скорость вращения детали (круговая подача); S – продольная подача бруска; l – ход бруска (осцилляция);  $\alpha$  – угол наклона траектории абразивного зерна

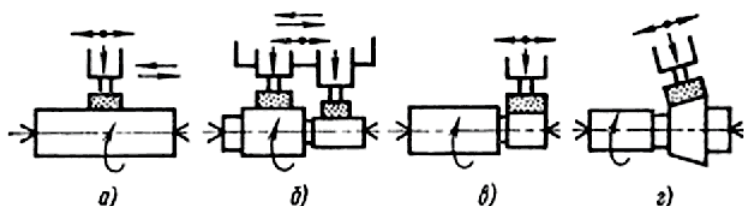
Т а б л и ц а 3.4

**Характеристики процесса  
суперфинишной обработки**

Исходная шероховатость поверхности, мкм	Требуемая шероховатость, мкм	Общий припуск на обработку (на диаметр), мкм	Тип суперфинишной обработки	Зернистость брусков
1,25	0,16	20-25	Однократное	M20, M14
	0,08		Двукратное: предварительное окончательное	M14 M7
0,63	0,16	10-15	Однократное	M14, M10
	0,08		Двукратное: предварительное окончательное	M14 M7
	0,04		Трехкратное: предварительное получистовое окончательное	M20, M14 M7 M3
0,32	0,16	8-10	Однократное	M14, M10
	0,08		Однократное	M10, M7
	0,04		Двукратное: предварительное окончательное	M14, M10 M3
	0,02		Трехкратное: предварительное получистовое окончательное	M14, M10 M7, M5, M1
0,16	0,04	3-5	Двукратное: предварительное окончательное	M7 M3
9,16	0,02		Двукратное: предварительное окончательное	M7, M5 M1

Недостатком процесса суперфинишной обработки являются его ограниченные возможности по исправлению погрешности геометрической формы детали, как в поперечном, так и в продольном сечении.

Суперфинишем можно обрабатывать поверхности практически любой формы, но наиболее распространенные ци-

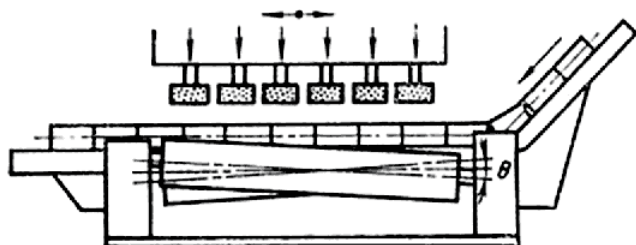


**Рис. 3.60. Схемы суперфинишной обработки в центрах с продольной подачей:**

**а** – гладких валов; **б** – одновременно двух шеек в центрах; **в** – коротких цилиндрических поверхностей; **г** – конических поверхностей

линдрические и конические наружные поверхности, которые обрабатывают на суперфинишных станках. Наибольшее применение находит процесс суперфинишной обработки деталей в центрах (рис. 3.60, а-г) и бесцентровая суперфинишная обработка (рис. 3.61). Соответственно универсальные суперфинишные станки образуют две большие группы: а) станки для суперфинишной обработки в центрах; б) бесцентровые суперфинишные станки с (вариаторным) изменением частоты вращения или с изменением частоты вращения с помощью трехступенчатой коробки скоростей.

Суперфинишные станки для обработки деталей в центрах выпускают с одной или несколькими инструментальными головками, причем универсальными станками широкого назначения являются станки с одной инструментальной головкой. Примером станков этой группы является станок мод. 3870Б (рис. 3.62, а), который предназначен для



**Рис. 3.61. Схемы суперфинишной бесцентровой обработки цилиндрических деталей**

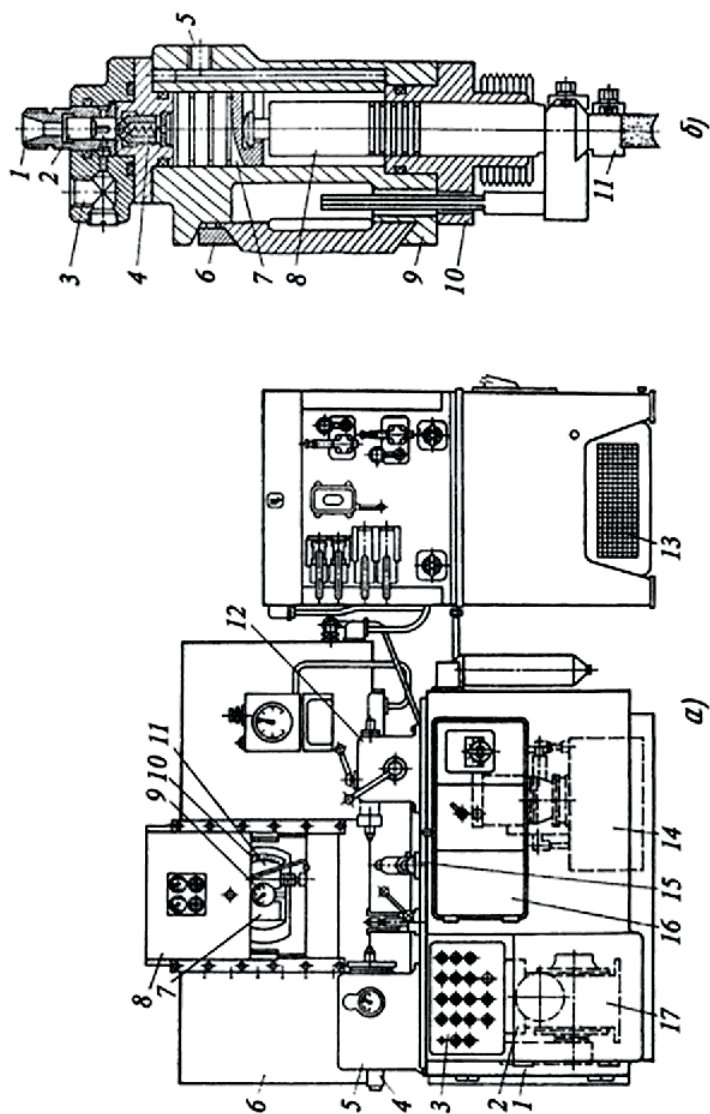


Рис. 3.62. Суперфинишный станок мод. 3870Б (а) и суперфинишная головка (б)

окончательной обработки цилиндрических и конических поверхностей до шероховатости  $Ra = 0,04 + 0,1$  мкм. Он состоит из литой станины 1, бабки изделия 5, задней бабки 12, суперфинишной головки 8, электрошкафа 6 и насосной станции гидропривода 13. Внутри станины размещены коробка скоростей 2 с вариатором 17 и станция охлаждения 14.

Суперфинишная головка 8 перемещается по салазкам 4. На ее плите 10 смонтирована инструментальная головка 11 с механизмом осциллирования 7, здесь же установлен тахометр 9. Управление станком выполняется с пульта 3, а также с помощью гидропанели 16. Детали большой длины обрабатывают с применением люнета 15.

Суперфинишная головка (рис. 3.62, б) представляет собой гидравлический цилиндр 9, на штоке 8 которого закреплена державка 11 с абразивными или алмазными брусками. Раздельное исполнение поршня 7 и штока 8 позволяет удерживать несоосность между цилиндром 9 и крышкой 10. Крепление инструментальной головки на каретке механизма осциллирования производится винтами через планку 6. Через отверстие 5 в штоковую полость подводится масло, создающее силу, которая удерживает бруски в верхнем положении. При подаче масла в отверстие 3 золотник 2 поднимается, а обратный клапан 4 открывается (опускается), и масло через него поступает в полость над поршнем 7 и опускает державку с брусками до касания с поверхностью детали. Погрешности геометрической формы детали (овальность, огранка) и другие неровности на обрабатываемой поверхности будут стремиться отжать бруски, но обратный клапан 4 не пропустит масло из полости над поршнем, давление здесь повысится, следовательно, брусок будет прижат к обрабатываемой поверхности с большей силой, а это приведет к увеличенному съему металла и исправлению погрешности. Отвод брусков осуществляют подводом масла в отверстие 1. При этом золотник 2 откроет клапан 4, и масло сольется через отверстие 3.

В тех случаях, когда не требуется применять автоматизированные головки для суперфиниша, применяют головки, в цилиндрах которых вместо масла применяют пружину и ручную регулировку силы прижатия брусков к поверхности детали.

### **3.8. ОБРАБОТКА НА ХОНИНГОВАЛЬНЫХ СТАНКАХ**

**Хонингование** применяется, главным образом, для финишной обработки внутренних поверхностей (отверстий диаметром 5-1300 мм) и отличается от суперфинишной обработки, прежде всего, большим числом одновременно работающих абразивных инструментов (30-50 брусков вместо двух-трех при суперфинишной обработке).

Из других особенностей этого процесса наиболее важными являются малая скорость и малые глубины резания, незначительное давление брусков на поверхность и низкие температуры в зоне обработки, обилие смазочно-охлаждающей жидкости и самоцентрирование хонинговальной головки. На рис. 3.63, а изображена схема хонингования отверстия на вертикально-хонинговальном станке: 1 – шпиндель станка; 2 – стержень головки; 3 – корпус головки; 4 – обрабатываемая деталь; 5 – бруски.

Скорость резания  $v$  здесь определяется как геометрическая сумма скорости вращения хона  $v_{\omega}$  и скорости его возвратно-поступательного движения  $s$  (продольной подачи):

$$v = (v_{\omega}^2 + s^2)^{0,5}.$$

Радиальная подача  $t$ , равная для всех инструментальных брусков, зависит от радиальной силы, создаваемой механизмом разжима брусков.

Процесс ведут при больших количествах смазочно-охлаждающей жидкости, что с учетом особенностей хонингования позволяет получить качественный поверхностный слой, ликвидировав дефекты шлифования как предшествующей операции. В процессе хонингования обрабатываемая поверхность покрывается мельчайшей сеткой следов, которую оставляют абразивные зерна брусков в результате срезания припуска и неровностей от предварительной обработки. В результате обработки хонингованием достигается точность размеров в пределах 5-6 квалитетов; отклонение от цилиндричности 3-5 мкм, шероховатость  $Ra - 0,16 + 0,04$  мкм.

Исправление геометрии отверстия при хонинговании основывается на том, что при равной радиальной подаче всех брусков они испытывают различное давление в зонах наименьшего и наибольшего диаметра отверстия. Увеличение

давления брусьев на поверхность в зоне наименьшего диаметра вызывает более сильное режущее действие, а следовательно, и больший съем металла, чем в зоне наибольшего диаметра. Такое явление будет иметь место до полного устранения погрешности геометрической формы отверстия и выравнивания при этом давления всех брусьев. Типовая конструкция хонинговальной головки приведена на рис. 3.63, б.

На хоне (рис. 3.63, б) укреплены инструментальные бруски. Все необходимые движения он получает от шпинделя хонинговального станка: вращение с определенной частотой и возвратно-поступательное движение вдоль обрабатываемой поверхности. Его основными частями являются корпус 4, шарнирный патрон 1 и шарнирный поводок 3. Двухшарнирное соединение корпуса хона со шпинделем станка обеспечивает свободное точное центрирование хона в обрабатываемом отверстии. Разжим абразивных (алмазных) брусьев осуществ-

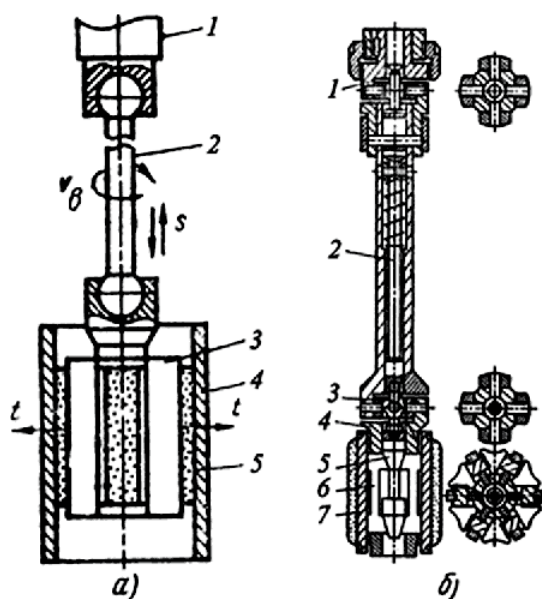


Рис. 3.63. Принцип хонингования отверстия на вертикально-хонинговальном станке (а) и типовая конструкция хонинговальной головки (б)



## СЛЕСАРНОЕ ДЕЛО. Механическая обработка деталей на станках

ляется толкателем 2 через шарнирный поводок 3 и разжимной конус 5, который через планку 6 перемещает в радиальном направлении колодки 7 с брусками. Поступательное движение толкателю 2 может сообщаться механическим или гидравлическим приводом.

Свойство самоцентрирования хона позволяет обрабатывать отверстия с очень малыми припусками (2-3 мкм). В зависимости от величины припуска хонингование делится на размерное и отделочное. Отделочное хонингование применяют только для снижения шероховатости поверхности и проводят за одну операцию.

Размерное хонингование предусматривает исправление погрешности предшествующей операции и, в зависимости от требований к точности размера обработанного отверстия, погрешности его геометрической формы и шероховатости поверхности. Оно может делиться на две или три последовательно выполняемые операции. Припуск при этом может быть равен 0,005-0,15 мм. Достижимая точность и шероховатость поверхности при различных видах хонингования даны в табл. 3.5.

Характеристики брусков выбирают в зависимости от рода и свойств обрабатываемого материала, требуемого параметра шероховатости обработанной поверхности и условий хонингования (табл. 3.6).

Общие требования сводятся к следующему. С увеличением зернистости и давления брусков съём металла увеличивается.

Т а б л и ц а 3.5

### Показатели процесса хонингования

Хонингование	Квалитет	Ra, мкм	Съём припуска на диаметр, мм	Деление общего припуска по операциям, %
Однократное	8-11	1,25-2,5	0,08-0,12	
Двукратное:				
предварительное	-	-	0,035-0,065	70-80
окончательное	5-6	0,16-0,63	0,01-0,015	20-30
Трёхкратное:				
предварительное	-	-	0,03-0,055	50-70
получистовое	-	-	0,01-0,015	25-35
окончательное	5-6	0,16-0,63	0,005-0,01	5-15

**Зернистость брусков,  
применяемых при хонинговании**

Зернистость			Твердость кругов и брусков	Область применения
алмаз	эльбор	абразив		
315/250	Л12	12	С2-ВТ2	Предварительное хонингование чугуна Предварительное хонингование сталей Предварительное хонингование алюминиевых сплавов
250/200	Л10	10	С2-Т2	
200/160	Л8	8	М3-СМ2	
160/125	Л6	6	СМ2-Т2	Получистовое хонингование чугуна Получистовое хонингование сталей; предварительное хонингование алюминиевых сплавов
125/100	Л4	4	М3-Т1	
100/80	Л6	6	М3-СМ2	Получистовое хонингование алюминиевых сплавов и бронзы
80/63	Л4	4		
40/28	ЛМ40	М40	СМ1-Т2	Чистовое хонингование чугуна Чистовое хонингование сталей Чистовое хонингование алюминиевых сплавов и бронзы
28/20	ЛМ22	М22	СМ2-СТ3	
20/14	ЛМ20	М20	М3-СМ2	

ются. Чем выше требования к параметру шероховатости поверхности, тем мельче должна быть зернистость абразивных брусков. С увеличением зернистости твердость брусков должна выбираться выше.

При хонинговании отверстий могут применяться бруски с природными или синтетическими алмазами. Стойкость алмазных брусков в 100-200 раз превышает стойкость абразивных, что даже при увеличенной стоимости обеспечивает высокую экономическую эффективность применения алмазного хонингования.

Хонинговальные станки выпускаются одношпиндельными и многшпиндельными, с вертикальным и горизонтальным расположением шпинделей, универсальные и специальные. Отечественные универсальные вертикальные хонинговальные станки по своим технологическим возможностям позволяют обрабатывать отверстия диаметрами 8-500 мм и глубиной 200-2000 мм.

### 3.9. ОБРАБОТКА НА СТАНКАХ ДЛЯ ЛЕНТОЧНОГО ШЛИФОВАНИЯ И ПОЛИРОВАНИЯ

Обработка абразивными и алмазными лентами – прогрессивный высокопроизводительный процесс. Сущность его заключается в том, что бесконечная лента 1 (рис. 3.64) с нанесенным на ее поверхность слоем абразивных или алмазных зерен 2 натягивается между двумя шкивами 5.

Один из этих шкивов получает вращение от электродвигателя, при этом шлифовальная лента движется со скоростью резания  $v_n$ . Обрабатываемая деталь 3 в зависимости от кон-

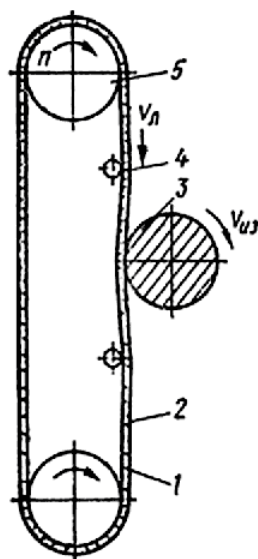


Рис. 3.64. Схема устройства для ленточного шлифования деталей

фигурации и размеров получает различные движения подачи: вращение со скоростью  $v_{\omega}$ , колебательное движение со скоростью  $s$  или совмещение этих движений с продольной подачей детали. Лента прижимается к детали специальными контактными роликами 4 (или копиром).

Ленточное отделочное шлифование и полирование широко применяют при обработке деталей больших размеров (валки прокатных станков и бумагоделательных машин) или деталей с криволинейной поверхностью (лопатки турбин, лопасти винтов и т. п.).

Ленточное отделочное шлифование и полирование позволяет работать со скоростями резания  $v_d$  свыше 100 м/с, меньшей величиной сил резания (более чем в 2 раза), чем на станках с абразивными кругами; имеет лучшие условия процесса теплового обмена при резании. Медленный износ абразивных зерен способствует повышению качества обрабатываемого поверхностного слоя и повышению производительности при обработке сложных криволинейных поверхностей.

Зернистость абразивного слоя применяемой ленты зависит от параметров шероховатости обрабатываемой поверхности. Так, для достижения шероховатости  $Ra = 1,25 \pm 0,63$  мкм необходима лента с зернистостью 50-25, для  $Ra = 0,32 \pm 0,16$  мкм – с зернистостью 16-4, а для  $Ra = 0,16 \pm 0,04$  мм применяют ленты с микрошлифпорошками зернистостью M28 + M7. В зависимости от размеров обрабатываемых деталей и конструкции ленточно-шлифовальных станков используют ленты шириной  $10 \pm 3000$  мм и длиной  $500 \pm 7000$  мм.

Основное требование к бесконечной абразивной ленте заключается в том, чтобы толщина в месте склейки не превышала толщины полотна в любом другом сечении. Такое же требование относится и к прочности ленты.

Большое влияние на шероховатость и производительность ленточного шлифования и полирования оказывают конструкция и материал контактных роликов. Их изготавливают обычно из сплавов алюминия или стали с ободом из войлока, кожи, текстолита, резины или пластмассы. При применении резиновых или войлочных роликов площадь контакта ленты с деталью больше, давление на абразивное зерно получается меньше, что приводит к повышению стойкости ленты и снижению параметра шероховатости. В некоторых случаях применяют пневматические контактные ролики. С увеличением диаметра

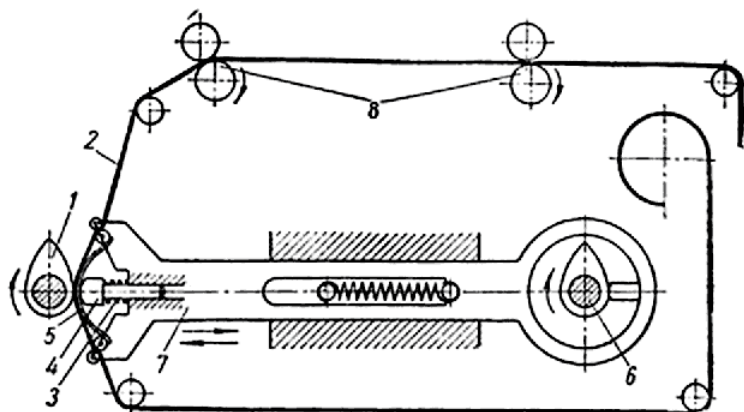


Рис. 3.65. Схема полирования кулачков и шеек распределительного вала

контактного ролика, а также с увеличением скорости ленты, давление на зерно и шероховатость обработанной поверхности уменьшаются.

Станки для ленточного отделочного шлифования и полирования делятся на две главные группы: универсальные и специальные. Цикл работы станка может быть полуавтоматическим или с ручной подачей. Движение абразивной ленты (главное движение) осуществляется от электродвигателя. Перемещение абразивной ленты (движение подачи) относительно обрабатываемой поверхности детали может выполняться станком или вручную по копиру, или деталь, закрепленная в специальном приспособлении, по копиру или программе перемещается станком относительно абразивной ленты. На рис. 3.65 приведена схема станка для полирования кулачков и шеек распределительного вала: 1 – обрабатываемый кулачок; 2 – абразивная лента; 3 – пружина; 4 – плунжер; 5 – пружинная пластина; 6 – копир; 7 – ползун; 8 – ролик для протягивания ленты. Наладка предусматривает одновременное полирование 13 кулачков и 4 шеек. В процессе полирования абразивной лентой зернистостью 220 снимают 0,002-0,003 мм на диаметр. Шероховатость поверхности повышается с  $Ra = 0,8 + 1,25$  мкм до  $Ra = 0,4 + 0,63$  мкм. Время обработки 0,8 мин.

### **3.10. ОБРАБОТКА НА СТАНКАХ ДЛЯ ДОВОДКИ-ПРИТИРКИ СВОБОДНЫМ АБРАЗИВОМ**

#### **3.10.1. Обработка доводкой-притиркой свободным абразивом**

Является процессом финишной обработки, при котором съем металла с обрабатываемой поверхности осуществляется в основном абразивными (или алмазными) зернами, временно закрепленными или находящимися в свободном состоянии в зоне резания.

Абразивная доводочно-притирочная обработка является основным, наиболее часто применяющимся видом отделочной обработки свободным абразивом плоских и цилиндрических наружных и внутренних поверхностей. Физическая сущность обработки поверхностей свободным абразивом принципиально отличается от физической сущности отделочных процессов, основанных на применении связанного абразива (тонкое шлифование, суперфиниш и т.п.).

На рис. 3.66 приведены схемы притирки поверхностей. Инструментом при доводке является притир 4, которому сообщается вращение с определенной частотой, обеспечивающей необходимую скорость резания  $v$ . На рабочую поверхность притира наносят пасту или суспензию, представляющую собой смесь абразивного или алмазного порошка малой зернистости с различными химически активными компонентами, выполняющими одновременно роль связки и СОЖ. Движение подачи  $S$  сообщается обрабатываемой детали 1. Оно может быть возвратно-поступательным, колебательным или со сложной траекторией, однако всегда в плоскости траектории движения притира. Съем металла осуществляется абразивными зернами 2, вдавленными (шаржированными) в поверхность притира 4 или свободно перекатывающимися под притиром. Необходимая сила резания создается давлением  $P$  на обрабатываемую деталь. Давление влияет на глубину резания  $t$ . Возникающая при этом сила трения и одновременное действие жидкости с химически активными компонентами 3 создают размягченный слой металла, который срезается абразивными зернами. Стружка выносятся из зоны резания вместе с абразивными зернами.

В зависимости от способа нанесения и удержания абразивного материала в процессе резания различают несколько

схем доводки поверхностей. Доводку при непрерывной подаче суспензии (рис. 3.66, а) производят смесью с малой концентрацией режущих зерен. Этот метод обеспечивает высокую производительность процесса, но более низкую точность и шероховатость поверхности ( $Ra = 0,08 + 0,32$  мкм).

Доводку с нанесением абразивной пасты на притир осуществляют смесью с повышенной концентрацией режущих зерен.

Производительность процесса при этом несколько снижается, но повышается точность геометрической формы и снижается шероховатость поверхности ( $Ra = 0,015 + 0,1$  мкм).

Доводка шаржированным притиром (рис. 3.66, б) – это срезание гребешков исходной шероховатости поверхности зернами, вдавленными в притир. Этот метод менее производителен, но обеспечивает высокую точность и малую шероховатость поверхности.

Доводку монолитным алмазным притиром (рис. 3.66, в) осуществляют дисками, на рабочую поверхность которых нанесен алмазный слой. Это наиболее прогрессивный, высокопроизводительный способ доводки, однако он не позво-

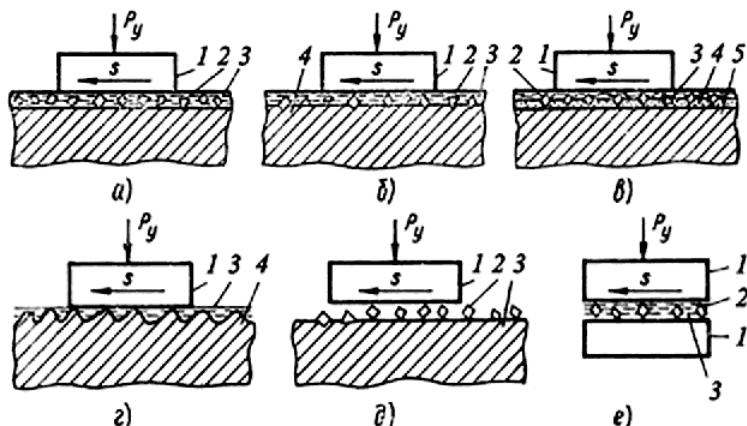


Рис. 3.66. Схемы притирки-доводки поверхностей:

- а – с непрерывной подачей суспензии на притир;
- б – шаржированным притиром; в – алмазным монолитным притиром;
- г – безабразивная; д – сухая; е – взаимная;
- 1 – обрабатываемая деталь; 2 – абразивное зерно; 3 – жидкая фаза;
- 4 – притир; 5 – связка

**Глава 3. Обработка деталей на станках абразивным инструментом**

ляет полностью использовать режущие возможности алмазного слоя.

Безабразивную доводку (рис. 3.66, г) применяют при обработке мягких или пористых деталей.

Сухую доводку (рис. 3.66, д) применяют для получения зеркальных поверхностей.

Взаимной доводкой (притиркой) (рис. 3.66, е) называют обработку поверхностей деталей без участия притира. Роль при-

**Т а б л и ц а 3.7**  
**Зернистость абразивных порошков,**  
**применяемых при притирке**

Группа	Зернистость				Размер зерен основной фракции, мкм	Область применения
	алмазные порошки	эльбор	абразивы			
			для продуктов рассева	для продуктов гидроклассификации		
Шлиф-порошки	160/125	Л12	12	-	160-125	Черновая притирка
	125/100	Л10	10		125-100	
	100/80	Л8	8		100-80	
	80/63	Л6	6	M63	80-63	Для предварительных доводочно-притирочных работ, при которых снимается значительный припуск на обработку
	63/50	Л5	5	M50	63-50	
	50/40	Л4	4		50-40	
Микро-порошки	40/28	ЛМ40		M40	40-28	Предварительная притирка
	28/20	ЛМ28	-	M22	28-20	
	20/14	ЛМ20		M20	20-14	
	7/5	ЛМ7		M7	7-5	Окончательная и тонкая притирка
	5/3	ЛМ5		M5	5-3	
	3/2	ЛМ3	-	M3	3-2	
	2/1	ЛМ2		M2	2-1	
1/0	ЛМ1		M1	1-0,5		



СЛЕСАРНОЕ ДЕЛО. Механическая обработка деталей на станках

тира взаимно выполняют обрабатываемые детали. Этот метод применяется для подгонки деталей с высокой точностью.

Особенности процесса доводки заключаются в том, что:

а) поверхность детали испытывает механическое воздействие абразивных зерен и химическое – жидких компонентов;

б) достигаемая точность геометрической формы не зависит от кинематической точности станка;

в) режущие зерна временно закреплены в поверхности притира или находятся в свободном состоянии в зоне резания;

г) съем металла производится непрерывно со всей обрабатываемой поверхности;

д) режимы резания значительно ниже, чем при других видах финишной обработки. Отмеченные особенности процесса доводки позволяют получить высокую геометрическую точность деталей, самую низкую шероховатость ( $R_a = 0,04 + 0,16$  или  $R_z = 0,1$  мкм), увеличенную площадь контакта сопрягаемых деталей, качественный поверхностный слой (упрочненный с остаточными напряжениями сжатия).

В зависимости от вида материала обрабатываемых деталей, требований к точности и шероховатости доведенной поверхности меняется как зернистость режущих зерен, так и связующие компоненты, материал притиров и режимы обработки.

Т а б л и ц а 3.8

**Показатели процесса доводки-притирки**

Требуемая шероховатость, $R_a$ , мкм	Тип доводки	Припуск на каждый рабочий ход, мм	Зернистость микропорошков в пасте
0,16	Однократная	0,03-0,05	M20, M14, M10
0,08	Двукратная: предварительная окончательная	0,03-0,05 0,005-0,01	M20, M14, M10, M7, M5
0,04	Трехкратная: предварительная получистовая окончательная	0,03-0,05 0,005-0,01 0,002-0,003	M20, M14, M10 M7, M5 M5, M3
0,01-0,02	Четырехкратная: предварительная первая получистовая вторая получистовая окончательная	0,03-0,05 0,005-0,01 0,002-0,003 0,0005-0,001	M20, M14, M10 M7, M5 M5, M3 M1

В таблице 3.7 приведены абразивные порошки, применяемые при доводке-притирке, а в таблице 3.8 приведены некоторые показатели этого процесса.

**Притиры** изготовляют из стали, чугуна, меди, бронзы, стекла, кожи и других материалов. Основное требование: твердость материала доводочного (притирочного) диска, как правило, должна быть меньше, чем твердость обрабатываемой детали. Скорость перемещения притиров при доводке стальных деталей меняется в пределах 1-6 м/с, давление не превышает  $(15-20)10^4$  Па (на предварительной доводке) и  $(8-10)10^4$  Па (на окончательных операциях).

### **3.10.2. Доводочные станки**

Для доводки (притирки) различных поверхностей выпускают соответствующие доводочные станки, которые делятся на универсальные и специальные. Универсальные станки применяют для доводки плоских, а также цилиндрических наружных и внутренних поверхностей. Наибольшее распространение получили одно- и двухдисковые доводочные станки с горизонтальным расположением дисков-притиров.

Притирка деталей на однодисковых вертикально-доводочных станках выполняется при вращении стола-притира с вертикальной осью вращения, на котором свободно уложены правильные кольца, а в них размещены обрабатываемые детали. Правильные кольца, перемещаясь по поверхности притира, предотвращают образование неплоскостности его рабочей поверхности вследствие неравномерности износа. Детали, уложенные в сепараторы, вращаются вместе с кольцами вокруг своей оси, т. к. моменты трения у центра и периферии притира различны. Необходимая нагрузка на притираемые детали создается механическими или гидравлическими прижимными устройствами. Иногда такая нагрузка создается с помощью грузов или электромагнитных прижимов.

При необходимости деталь можно обработать и по другим плоскостям, однако при этом должны быть приняты меры предосторожности против забоин и царапин на уже обработанной поверхности.

Из однодисковых станков наиболее распространены станки с диаметрами столов-притиров 280-2240 мм.

В отличие от однодисковых притирочных станков двухдисковые доводочные станки предназначены как для односторонней, так и для двусторонней доводки параллельных поверхностей деталей.

Вертикально-доводочный двухдисковый станок мод. 3Б814 позволяет обрабатывать детали из различных материалов: стальные, чугунные, бронзовые, керамические, пластмассовые и др.

Базовым элементом доводочного станка мод. 3Б814 (рис. 3.67) является станина 1 коробчатой формы, в которой на вертикальном шпинделе расположен нижний диск-притир диамет-

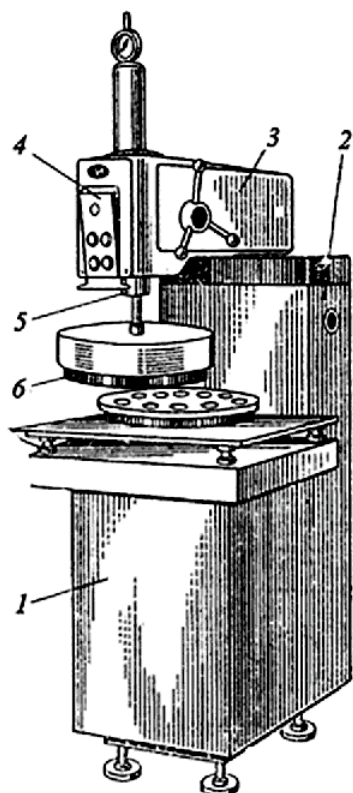


Рис. 3.67. Двухдисковый вертикально-доводочный станок мод. 3Б814

ром 450 мм и привод станка. На станине 1 установлена стойка 2. На верхней части стойки на подшипниках качения смонтирована поворотная консоль 3, в передней части которой имеется пиноль 5 с верхним доводочным диском 6. Пульт управления 4 станком находится в передней стенке консоли. Для удобства эксплуатации, наладки и ремонта станина станка и консоль снабжены крышками, обеспечивающими свободный доступ к механизмам и системам доводочного станка. Доводку на станке выполняют с эксцентриковым или с планетарным приводом сепаратора. Сепаратор – это плоский диск со сквозными отверстиями, которые по форме и высоте соответствуют обрабатываемым деталям, располагается на рабочей поверхности нижнего диска-притира и предназначен для перемещения деталей на поверхности диска с заданной величиной перемещения – подачи.

Главное движение – вращение нижнего доводочного диска, а движение подачи вращательное или плоскопараллельное движение сепаратора.

Плоскопараллельное движение сепаратору сообщается центральным эксцентриком, имеющимся на торце водила планетарного механизма. Смещение пальца (эксцентриситет) меняется от 0 до 20 мм при помощи винта.

Различные виды движений сепаратору сообщают в зависимости от вида обработки.

1. При доводке цилиндрических поверхностей детали укладывают в прорези сепаратора на плоскость нижнего диска. К ним с определенной силой прижимается верхний доводочный диск. Процесс резания осуществляется за счет вращения нижнего притира. Сепаратор устанавливают на палец центрального эксцентрика привода; он совершает плоскопараллельное движение между нижним и верхним вращающимися дисками-притирами.

2. Сепараторы с деталями могут совершать сложное движение с различной скоростью по поверхности нижнего притира. Если доводятся верхние и нижние параллельные поверхности деталей, то вращение нижнего притира прекращают, и верхний притир также фиксируют от самопроизвольного вращения. Детали обрабатываются между двумя неподвижными притирами лишь за счет сложного движения самих деталей. Такой способ доводки называется плоскопараллельным. Он обеспечивает более высокую точность обработки.

3. Двухдисковый доводочный станок позволяет вести и плоскую одностороннюю доводку (как на однодисковых станках). Для этого верхний притир отводится в сторону, нижнему притиру сообщается вращение, а сепаратору – плоскопараллельное перемещение (как в первом случае) или сложное (как во втором случае).

Абразивная смесь подается на поверхность притира из смесителя, который расположен в стойке станка. При работе доводочного станка по команде от реле времени клапан открывается и порция абразивной смеси вытекает из смесителя и поступает на поверхность доводочного диска в зону резания.

### **3.10.3. Основные сведения о процессе доводки отверстий**

Доводку цилиндрических отверстий притирами с нанесением на них абразивной суспензии применяют для получения высокой геометрической точности отверстий, как в поперечном, так и в продольном сечениях.

Точность доведенного отверстия в поперечном сечении составляет 0,001 мм, в продольном сечении 0,002 мм, а шероховатость  $Ra = 0,02 + 0,04$  мкм.

Притиры, как правило, изготавливают из чугуна; по конструкции они могут быть нерегулируемые (неразжимные) и регулируемые (разжимные). Нерегулируемые притиры применяют лишь для отверстий малых диаметров (до 5 мм). Регулируемые притиры имеют разрезную рубашку с внутренним конусом и разжимное устройство, которое при перемещении конуса увеличивает диаметр притира. Начальный диаметр притира обычно на 0,005-0,03 мм меньше диаметра обрабатываемого отверстия. Длину рабочей поверхности притира для сквозных отверстий назначают в пределах 1,2-1,5 глубины обрабатываемого отверстия, а для глухих – меньше глубины отверстия.

Процесс резания при доводке отверстий осуществляется, когда притиру сообщают комбинированное рабочее движение относительно обрабатываемой поверхности; главное движение – вращение и возвратно-поступательное перемещение притира, движение подачи – разжим рубашки притира по мере ее износа и съема металла.

Кинематические особенности доводки отверстий притирами совпадают с процессом хонингования поверхности отверстий. Окружная скорость вращения притиров колеблется в пределах 10-50 м/мин, а поступательного движения – 5-15 м/мин.

Рабочая поверхность притиров может быть гладкой или с канавками различной конфигурации (рис. 3.68). Если поверхность притира гладкая, производительность процесса низкая, так как абразивные зерна плохо удерживаются на поверхности притира. Такие притиры применяют лишь для окончательной доводки высокоточных отверстий.

Канавки на рабочей поверхности притиров повышают производительность процесса – они служат накопителями абразивной пасты.

Точность обработки притирами с продольными канавками (рис. 3.68, а) недостаточна, а съем металла повышенный в результате постоянного поступления новых абразивных зерен в зону резания. Притиры с прямыми (рис. 3.68, д), косыми (рис. 3.68, г) и перекрещивающимися (рис. 3.68, е) канавками дают удовлетворительные результаты по точности и производительности процесса доводки. Существуют также притиры с канавками в виде двойной спирали (рис. 3.68, б). Однако наилучшую точность обработки при высоком съеме металла и низкой шероховатости достигают притирами с перекрещивающимися спиральными канавками, которые занимают лишь половину поверхности рубашки (рис. 3.68, в).

Доводку отверстий выполняют ручным, полумеханическим способом (на универсальных металлорежущих станках или

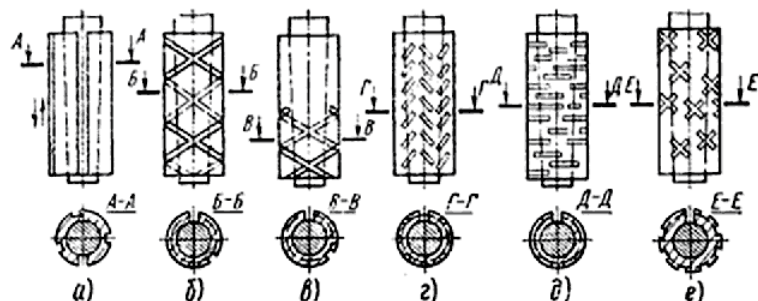


Рис. 3.68. Притиры с различными канавками на рабочей поверхности

## СЛЕСАРНОЕ ДЕЛО. Механическая обработка деталей на станках

доводочных бабках) или на специальных станках для доводки отверстий.

Станки для доводки цилиндрических отверстий могут быть вертикальными и горизонтальными, одношпиндельными и многошпиндельными, одно и многопозиционными. По назначению они бывают для притирки сквозных и глухих отверстий.

Принципиальными технологическими особенностями характеризуется процесс притирки конических отверстий. Обеспечение одинаковой конусности сопрягаемых поверхностей наиболее эффективно достигается их взаимной притиркой (доводкой). Наиболее распространенным в этом случае является метод объемного контакта поверхностей, когда и деталь, и притир (или две сопрягаемые детали) совершают повторяющиеся возвратно-вращательные движения, которые определяют процесс резания (главное движение). Движение подачи в этом случае будет заключаться в угловом смещении притираемых деталей при очередных возвратно-вращательных движениях. Периодический отрыв притираемых поверхностей является вспомогательным движением.

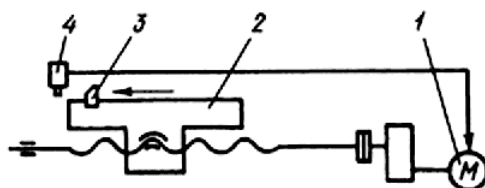
## Глава 4 ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ НА СТАНКАХ С ЧПУ

### 4.1. СИСТЕМЫ ЧИСЛОВОГО ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ СТАНКАМИ

#### 4.1.1. Системы циклового и числового программного управления

Практически все станки-автоматы, для которых характерны заранее зафиксированные движения рабочих и вспомогательных узлов, можно считать работающими по программе. В таких станках в качестве программноносителей используются кинематические детали – кулачки, копиры, мальтийские кресты, упоры и другие кинематические элементы, определяющие цикл работы станка: движение (по величине и направлению) ряда узлов станка и устройств автоматической смены заготовок, а также скорость и усилие рабочей подачи.

Циклом обработки называют совокупность перемещения рабочих органов, повторяющихся при обработке каждой заготовки. Простейшим примером автоматизации цикла является использование кулачка 3 и конечного выключателя 4, которые размыкают цепь электродвигателя 1 и останавливают перемещение суппорта 2 (рис. 4.1).



**Рис. 4.1.** Схема автоматизированного цикла:  
1 – электродвигатель; 2 – суппорт; 3 – кулачок; 4 – конечный выключатель



Недостатками станков-автоматов являются трудоемкость изготовления и замены этих деталей при переналадке на обработку нового изделия, значительный их износ.

Более гибкими в наладке становятся станки, когда перемещения заготовки и инструмента и рабочие движения органов станка выполняются с помощью числового программного управления (ЧПУ).

Станки с ЧПУ быстро переналаживаются без смены или перестановки механических элементов. Достаточно изменить информацию, введенную в станок, и он начнет работать по другой программе, т. е. обрабатывать другую заготовку (деталь). Это определяет высокую универсальность станков с ЧПУ. Применение станков с ЧПУ удобно в тех случаях, когда требуется быстрый переход на изготовление другой детали, обработка которой на обычных станках требует использования специальной оснастки.

На станках с ЧПУ точность размеров и формы обрабатываемой детали, а также требуемая шероховатость поверхности обеспечиваются жесткостью и точностью станка, дискретностью и стабильностью позиционирования и возможностью ввода коррекции, а также совершенством СЧПУ.

Автоматическая (по программе) обработка на станках с ЧПУ обеспечивает стабильность качества и идентичность изготовленных деталей всей партии. При этом исключаются негативные факторы, возникающие при ручном управлении станком, т.е. «человеческий фактор» (усталость рабочего, отвлечение его внимания внешними воздействиями, его отрицательные и положительные эмоции, погрешности отсчета текущего размера при обработке, временное нарушение координации движения его рук и др.) и погрешности обработки деталей, связанные с обеспечением точности размеров при переходе от одной обрабатываемой поверхности к другой на станках с ручным управлением.

Применение станков с ЧПУ позволяет создавать новые прогрессивные формы организации производства с использованием вычислительной техники.

Управляющая программа (УП) – это программа, заданная от ЭВМ или записанная на программноносителе в закодированном цифровом виде маршрутно-операционная технология на конкретную деталь с указанием траекторий движения инструмента, рабочих органов станка и заготовки.

При ручном управлении станком программу обработки задает рабочий после изучения чертежа детали. Он определяет порядок переходов при обработке различных поверхностей, число рабочих ходов, необходимый инструмент в его смену, режим резания и т. д.

Построение операций механической обработки деталей на станках с ЧПУ производится в основном по тем же правилам, что и для аналогичных станков с ручным управлением, но с учетом специфики станков с ЧПУ.

### 4.1.2. Ввод управляющих программ

Все микропроцессорные устройства ЧПУ позволяют выполнить подготовку УП у станка с клавиатуры пульта. Такая возможность сочетается у многих устройств с другими методами ввода УП: с перфоленты, мини-кассеты, электронной памяти и т. д. Причем ввод с клавиатуры пульта обычно может быть совмещен с обработкой, т. е. станок в это время не простаивает. Естественно, что задание УП у станка применяется для простых видов обработки. Существенно облегчают цеховое программирование диалоговые методы ввода УП. При использовании таких методов на экране дисплея УЧПУ высвечивается последовательность вопросов, на которые должен ответить оператор нажатием определенных буквенных или цифровых клавиш. Эти вопросы могут также задаваться в виде перечня, из которого надо выбрать желаемый вариант.

Диалоги выполняются с текстом, ориентированным на определенную группу станков и характерную для этой группы технологию обработки. Перечень вариантов обработки или вопросов, предлагаемых диалогом, высвечивается на экране дисплея. При этом применяются два метода обращения к информации. По первому методу на общем поле экрана высвечивается перечень вопросника с присвоением каждой позиции порядкового номера. Выбор позиции (строки) выполняется нажатием цифровой клавиши на пульте, соответствующей номеру строки. Предлагаемый для выбора перечень называется также «меню», а способ задания УП – «с помощью «меню».

По второму методу рядом с экраном дисплея размещается ряд кнопок. Напротив этих кнопок отводится поле дисплея, на котором высвечиваются сокращенные слова, обозначающие варианты обработки или режимы работы, также называемые

«меню». Для выбора надо нажать кнопку, которая находится напротив слова. Эти кнопки называются кнопками «меню» или виртуальными (переназначаемыми).

Первый метод выполнения диалога имеет преимущество в части возможности использования большего поля дисплея, что позволяет высвечивать более полный текст вопросов. Достоинством второго метода является простота ввода, обусловленная тем, что каждая кнопка находится напротив вопроса. Это позволяет легче выполнить различного рода блокировки.

Для контроля УП в некоторых диалоговых системах предусмотрено вычерчивание на дисплее контура детали и траектории движения инструмента.

Для задания УП в диалоговых системах не требуется условных изображений и формата кадра. По данным, вводимым оператором, микро-ЭВМ формирует УП в виде, необходимом для работы устройств ЧПУ. В частности, может формироваться автоматически программа в виде форматов ИСО, в случае необходимости может выводиться на дисплее.

#### **4.1.3. Системы числового программного управления (СЧПУ)**

Характерной особенностью СЧПУ является то, что информация о траектории движения инструмента, скорости резания, подаче и других технологических командах задается в виде цифр, закодированных в определенной последовательности, для задания программы перемещения исполнительных органов станка в процессе обработки.

Функции, выполняемые СЧПУ, можно разделить на основные и дополнительные. Основной функцией СЧПУ является управление приводами подач станков в соответствии с заданной программой. Дополнительные функции предусматривают изменение частоты вращения шпинделя, вида инструмента и т. д.

Обобщенная структурная схема СЧПУ представлена на рис. 4.2. Устройство 1 ввода программы считывает программу, т. е. преобразовывает ее в электрические сигналы и направляет в устройство 4 обработки программы, которое через устройство 5 управления приводом воздействует на объект регулирования – привод 6 подач. Перемещение подвижной части станка, связанной с приводом 6 подач, контролирует датчик 8, вклю-

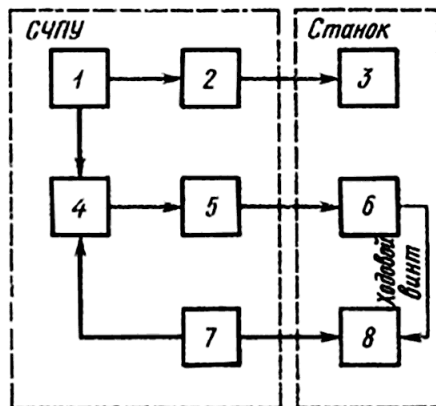


Рис. 4.2. Обобщенная структурная схема СЧПУ

ченный в цепь главной обратной связи. Информация с датчика 8 через устройство 7 обратной связи поступает в устройство 4 отработки программы, где происходит сравнение фактического перемещения с заданным для внесения в программу соответствующих корректив перемещения. Для исполнения дополнительных функций с устройства 1 ввода программы электрические сигналы поступают в устройство 2 технологических команд, которое воздействует на исполнительные элементы 3 технологических команд (двигатели, электромагниты, электромагнитные муфты и др.); при этом исполнительные элементы включаются или выключаются.

#### 4.1.4. Разомкнутые, замкнутые и самонастраивающиеся СЧПУ

Системы ЧПУ могут быть разомкнутыми, замкнутыми и самонастраивающимися (адаптивными); по виду управления движением – позиционными, прямоугольными, непрерывными (контурными). В разомкнутых СЧПУ (рис. 4.3, а) используют один поток информации. Программа 1 проходит через считывающее устройство 2, в результате чего на выходе последнего появляются командные сигналы, которые после преобразования в звене 3 направляются к механизму 4, осуществляющему перемещение исполнительных органов станка (например, суп-

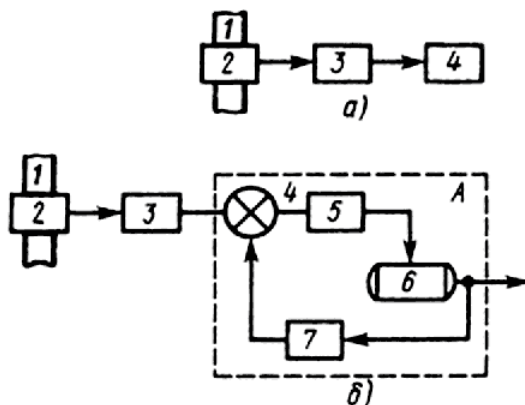


Рис. 4.3. Схема действия разомкнутой (а) и замкнутой (б) СЧПУ

портов). Соответствие действительного перемещения заданному не проверяется.

В замкнутых СЧПУ (рис. 4.3, б) используют два потока информации, т. е. имеется обратная связь. Один поток поступает от считывающего устройства 2, а второй – от устройства 7, измеряющего действительные перемещения суппортов, кареток или других исполнительных органов станка. Программа 1, проходя через считывающее устройство 2, вызывает сигналы, которые поступают сначала в звено 3, а затем после преобразования – в систему А. Последняя состоит из сравнивающего устройства 4, в которое поступают задающие сигналы от звена 3 (направляющиеся через усилитель 5 к исполнительному двигателю 6) и сигналы от датчика 7 о действительных перемещениях исполнительных органов станка. В сравнивающем устройстве 4 поступающие сигналы сравниваются, и в случае их расхождения появляется сигнал, который направляется через звено 5 к исполнительному двигателю 6. В результате этого исполнительные органы станка перемещаются до тех пор, пока действительное значение перемещения не будет соответствовать заданному, после чего сигналы на выходе сравнивающего устройства 4 исчезнут.

В самонастраивающихся системах в информацию, поступающую от считывающего устройства, вносятся дополнительные изменения с учетом поступающей из блока памяти информации о результатах обработки предыдущей заготовки. Это по-

зволяет повысить точность обработки, так как изменения условий работы запоминаются и обобщаются в устройствах самонастройки памяти станка, а затем преобразуются в управляющий сигнал.

Система адаптивного управления отличается от обычной СЧПУ автоматической приспособляемостью процесса обработки заготовки к изменяющимся условиям обработки (по определенным критериям) в целях лучшего использования возможностей станка и инструмента.

Станки с обычной СЧПУ (в отличие от станков с системой адаптивного управления) обрабатывают программу без учета действия случайных факторов, например, припуска, твердости обрабатываемого материала и состояния режущих кромок инструмента.

В зависимости от поставленной задачи и методов ее решения системы адаптивного управления разделяют на системы регулирования какого-либо параметра (например, скорости резания и т. д.) и системы, обеспечивающие поддержание наибольшего значения одного или нескольких параметров.

Представленная на рис. 4.4. система адаптивного управления токарным станком может быть использована для повышения точности обработки. Благодаря регулированию поддерживается постоянное усилие резания, что обеспечивает необходимую точность обработки заготовок с переменным припуском.

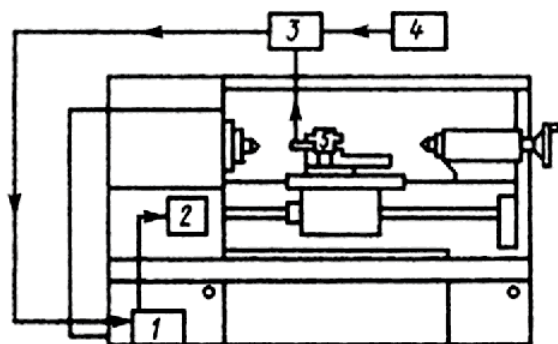


Рис. 4.4. Токарный станок с системой адаптивного управления:  
1 – электромагнитный усилитель; 2 – электродвигатель; 3 – сравнивающее устройство; 4 – задающее устройство; 5 – резец с датчиком

#### 4.1.5. Позиционные, контурные и комбинированные СЧПУ

По виду движений исполнительных механизмов станка, определяемых геометрической информацией в программе, системы ЧПУ подразделяют на позиционные, контурные и комбинированные, обеспечивающие выполнение функций позиционных и контурных устройств (рис. 4.5).

Позиционные устройства систем ЧПУ (рис. 4.5, а) обеспечивают автоматическое перемещение рабочего органа станка вдоль направляющих в координату, заданную программой, без обработки в процессе перемещения рабочего органа. Эти устройства применяют в сверлильных, расточных и других станках. Перемещение инструмента от одной точки (координаты) обработки к другой выполняется на ускоренных ходах. Специфичным для этого класса систем ЧПУ является требование обеспечения точности только при остановке в заданной координате. Вид траектории при перемещении из одной координаты в

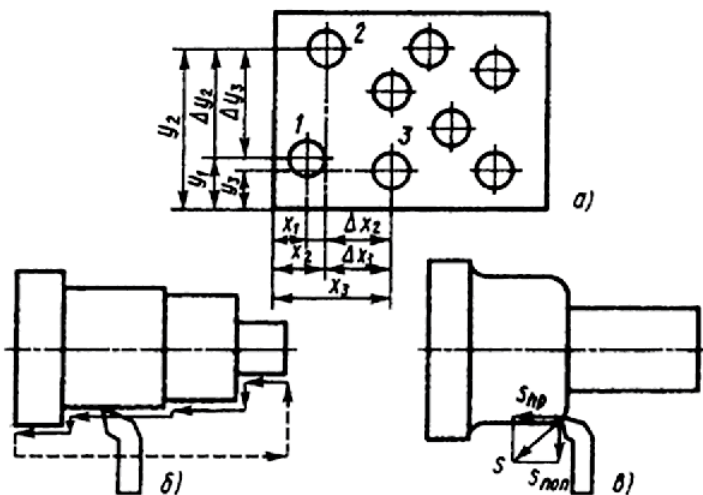


Рис. 4.5. Виды обработки при использовании позиционных (а), прямоугольных (б) и контурных (в) систем ЧПУ:

- 1, 2, 3 – номера обрабатываемых отверстий;  
 $x_1, x_2, x_3$  и  $y_1, y_2, y_3$  – координаты отверстий по осям X и Y;  
 $\Delta x_1, \Delta x_2, \Delta y_1, \Delta y_2, \Delta y_3$  – приращения координат;  
 $S_{ноп}$  и  $S_{поп}$  – продольная и поперечная подачи

другую не задается. Однако время перемещения должно быть минимальным. Учитывая значительный процент холостых ходов в станках с позиционными системами ЧПУ, к приводу подач предъявляются требования высокого быстродействия и обеспечения значительных скоростей перемещения при малой дискретности. Операция позиционирования выполняется также при других видах управления станками. Поэтому в большинстве случаев привод подач станков с ЧПУ (кроме других требований) должен удовлетворять также требованиям, предъявляемым к этому приводу в позиционных системах.

Прямоугольные (коллинеарные) системы ЧПУ (рис. 4.5, б) применяют также в токарных, фрезерных и др. станках, у которых обработка производится лишь при движении по продольной или поперечной координате и обрабатываемая поверхность параллельна (коллинеарна) направляющим данной координаты. В этих системах, так же как и в позиционных, программируются конечные координаты перемещения. Однако, кроме того, в программе задается скорость движения в соответствии с требуемым режимом резания, и перемещение выполняется поочередно по каждой из координатных осей. В этих системах отставание или опережение (рассогласование) по скорости относительно запрограммированного значения непосредственно не вызывает погрешности обработки, так как при этом инструмент продолжает движение по заданной траектории. Возникает лишь нарушение расчетного режима резания и связанное с этим изменение шероховатости обрабатываемой поверхности и упругих деформаций замкнутой технологической системы инструмент-деталь.

Контурные прямоугольные системы ЧПУ (рис. 4.5, в) применяют на фрезерных, токарных и шлифовальных станках и предназначены для одновременного согласованного управления перемещениями двух или нескольких рабочих органов вдоль направляющих. При этом инструмент перемещается по криволинейной траектории относительно заготовки, что необходимо для обработки сложных фасонных поверхностей. Для реализации криволинейной траектории перемещения инструмента относительно заготовки приводы рабочих органов станков с контурными прямоугольными системами ЧПУ в процессе работы должны быть функционально связаны между собой.

Контурные криволинейные системы ЧПУ применяют в станках многих групп. Они обеспечивают формообразование при



обработке в результате одновременного согласованного движения по нескольким управляемым координатам. В общем случае число координат может быть больше трех. Программу движения привода подач по отдельным координатам при контурной и объемной обработке рассчитывают, исходя из заданной формы обрабатываемой детали и результирующей скорости движения, определяемой режимом резания. Рассогласование привода подач может привести к ошибке обработки контура. Контурные системы являются наиболее сложными при задании алгоритма (последовательности и условий выполнения функций, определяемых спецификой УЧПУ) работы систем ЧПУ и при определении требований, предъявляемых к приводу подач.

Разновидностью контурных систем ЧПУ являются синхронные (или синфазные) системы, применяемые в основном в зубообрабатывающих станках. Система ЧПУ задает постоянное соотношение скоростей по двум или большему числу координатных осей станка, а формообразование обеспечивается благодаря конфигурации инструмента. Соотношение скоростей движения по осям задается программой и сохраняется на все время обработки данной детали. В большинстве случаев требуется не только обеспечить определенное соотношение средних скоростей движения по координатам, но также сохранить определенное рассогласование (синфазность) в приводах координат. Одна из координат станка (обычно главный привод) служит задающей, и на ней устанавливают измерительный преобразователь (датчик). Синфазная система входит как составной элемент в УП токарно-винторезных станков для обеспечения режима нарезания резьбы.

Комбинированные системы ЧПУ, отвечающие в полном объеме требованиям позиционных и контурных устройств, применяют в основном для управления многоцелевыми станками. Создание комбинированных систем позволило сократить номенклатуру УП.

#### **4.1.6. Интерполяторы**

Одним из основных узлов контурных УП является интерpolator – специальное вычислительное устройство, преобразующее введенную на программоносителе или заданную от ЭВМ информацию в управляющие воздействия на двигатели при-

водов подач с целью обеспечения требуемой траектории и скорости движения инструмента вдоль заданного контура.

На УП траектория перемещения инструмента относительно заготовки задается значениями координат отдельных точек А, В, С..., которые называются опорными точками (рис. 4.6). Характер движения инструмента между соседними опорными точками определяется видом интерполяции, которую выполняет интерполятор.

В современных системах ЧПУ применяются в основном интерполяторы двух типов: линейные и линейно-круговые.

Линейные интерполяторы обеспечивают перемещение инструмента между соседними опорными точками по прямым линиям, расположенным под любыми углами (рис. 4.6, а). Линейно-круговые интерполяторы реализуют такой характер управления, при котором инструмент между соседними опорными

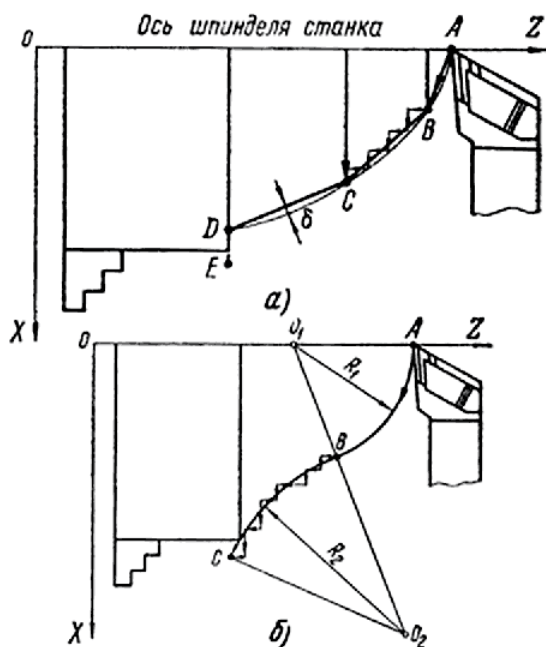


Рис. 4.6. Схема движения инструмента между опорными точками А, В, С, Д, Е при линейной интерполяции (а) и опорными точками А, В, С при круговой интерполяции (б) при токарной обработке

ми точками может перемещаться как по прямым линиям, так и по дугам окружностей (рис. 4.6, б). Для выполнения кругового движения в программе кроме координат опорных точек должны быть заданы координаты центров дуг окружностей.

При разработке УП для станков с линейными интерполяторами криволинейный контур, заданный на чертеже, заменяют ломаной линией (см. линию ABCD на рис. 4.6, а). Такая замена называется аппроксимацией контура. При аппроксимации точки ломаной линии должны как можно меньше отклоняться от заданного контура. Однако уменьшение этих отклонений приводит к увеличению числа опорных точек, а, следовательно, к возрастанию объема вычислений по определению их координат, к увеличению числа кадров на УП. На практике число опорных точек принимают минимально допустимым так, чтобы их максимальное отклонение от заданного контура не превышало допуска  $\delta$  на аппроксимацию контура (рис. 4.6, а). Этот допуск принимают равным:

$$\delta = (0,1 - 0,3)\Delta,$$

где  $\Delta$  – чертежный допуск на размеры заданного контура.

Программирование для станков с линейно-круговыми интерполяторами более простое, поскольку в кадре программы записываются лишь координаты конечных точек дуги каждого радиуса и координаты центров этих дуг (например, точки В и С,  $O_1$  и  $O_2$  на рис. 4.6, б).

#### **4.1.7. Дискретность**

В большинстве современных контурных систем ЧПУ команды на перемещения рабочих органов выдаются дискретно, в виде единичных кратковременных управляющих воздействий – управляющих импульсов. Интерполятор обеспечивает такое распределение поступающих импульсов во времени между приводами подач, при котором инструмент перемещается с максимальным приближением к заданной прямой (при линейной интерполяции) или к дуге окружности (при круговой интерполяции) с определенными шагами движений на участке ВС (рис. 4.6).

Наименьший, контролируемый в процессе управления, шаг в перемещении рабочего органа, осуществляемый от одного

управляющего импульса, называется разрешающей способностью СЧПУ или дискретностью обработки перемещений. Дискретность обработки перемещений выражается в миллиметрах на один управляющий импульс, выдаваемый интерполятором. Большинство современных систем ЧПУ имеют дискретность обработки перемещений, равную от 0,01 мм/имп до 0,001 мм/имп. Выполнение станком требуемых значений дискретности обеспечивается конструкцией УЧПУ, двигателей подач и датчиков обратной связи, а также передаточными отношениями механизмов подач станков.

Дискретность (цена импульса) – это перемещение механизма, соответствующее одному импульсу управляющей программы. Дискретность перемещения определяет значение ошибки, обусловленной представлением траектории движения в цифровой форме. Чтобы снизить эту погрешность, целесообразно уменьшить дискретность. Однако это приводит к увеличению управляющей частоты для обеспечения требуемой скорости перемещения. При возрастании частоты усложняются УП, привод подач и измерительные преобразователи обратной связи. Кроме того, снижение дискретности не везде является оправданным, так как система станок-деталь может вносить сравнительно большие погрешности. Исходя из требований точности и производительности в станках фрезерной и сверлильной групп, в большинстве случаев принимается дискретность 10 мкм, для многоцелевых, координатно-расточных, шлифовальных, электроэрозионных вырезных станков – 0,5-1 мкм. В токарных и фрезерных станках повышенной точности дискретность также не должна превышать 1 мкм.

### 4.1.8. Система координат для станков с ЧПУ

Работа станка с ЧПУ и УП обработки тесно связаны с системами координат. Направление и наименование координатных осей, по которым перемещаются механизмы станка, управляемые по программе, нормированы Международным стандартом ИСО.

Оси координат принимаются параллельно направляющим станка и позволяют при составлении УП указывать направления и величины перемещений рабочих органов станка.

В качестве единой системы координат для всех станков с ЧПУ принята правая система (правой руки), при которой оси X,

$Y, Z$  (рис. 4.7) указывают положительные направления перемещений инструмента относительно неподвижных частей станка. Положительные направления движения заготовки относительно неподвижных частей станка указывают оси  $X', Y', Z'$  (пунктирные линии на рис. 4.7), направленные противоположно осям  $X, Y, Z$ . Таким образом, положительными всегда являются такие движения, при которых инструмент и заготовка удаляются друг от друга. Круговые перемещения инструмента (например, поворот оси шпинделя фрезерного станка) обозначаются буквами  $A$  (вокруг оси  $X$ ),  $B$  (вокруг оси  $Y$ ),  $C$  (вокруг оси  $Z$ ), а круговые перемещения заготовки (например, управляемый по программе поворот стола на расточном станке) – соответственно, буквами  $A', B', C'$ . Положительное направление кругового перемещения определяется по «правилу буравчика». В понятие «круговые перемещения» не входит вращение шпинделя, несущего инструмент, или шпинделя токарного станка.

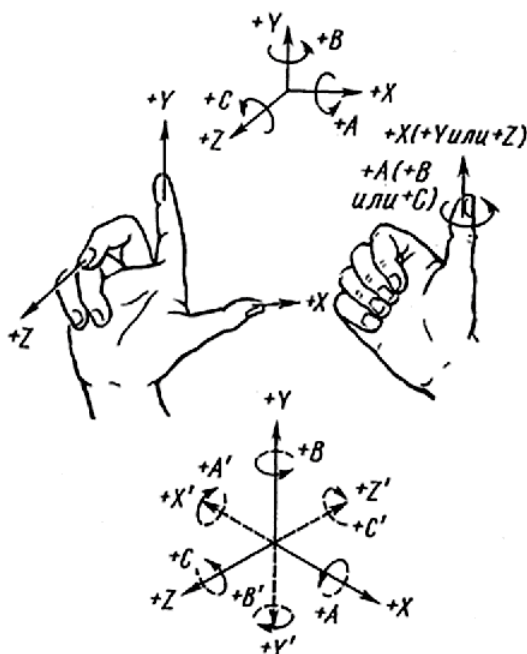


Рис. 4.7. Стандартная система координат в станках с ЧПУ

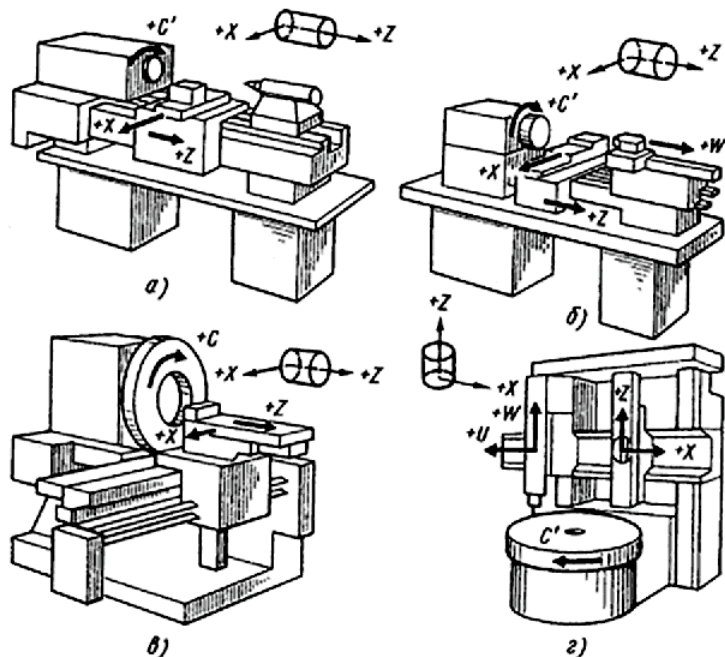


Рис. 4.8. Обозначение осей координат и положительных направлений движения на токарных станках с ЧПУ

Кроме рассмотренных используют следующие дополнительные правила распределения осей координат между рабочими органами станков: ось  $X$  всегда располагается горизонтально, ось  $Z$  совмещается с осью вращения инструмента (на токарных станках – с осью шпинделя).

Для программирования обработки важно, чтобы направления движения каждого рабочего органа станка обозначалось определенной буквой, поскольку она указывает в программе на тот рабочий орган, который необходимо включить. При обозначении направления перемещения двух рабочих органов вдоль одной прямой используют так называемые вторичные оси:  $U$  (вместо  $X$ ),  $V$  (вместо  $Y$ ),  $W$  (вместо  $Z$ ). При трех перемещениях вдоль одного направления применяются еще и так называемые третичные оси:  $P$ ,  $Q$ ,  $R$  (рис. 4.8).

#### **4.1.9. Способ и начало отсчета координат**

Каждый рабочий орган при настройке станка с ЧПУ устанавливается в некоторое исходное положение, из которого в процессе обработки заготовки перемещается на строго определенные расстояния, благодаря чему инструмент проходит через заданные опорные точки траектории. Направления и величины перемещений рабочих органов из одного положения в следующее задаются в программе и выполняются на станке по-разному в зависимости от конструкции системы ЧПУ и станка. В современных станках и системах ЧПУ используются два способа отсчета перемещений: абсолютный и относительный (в приращениях).

При абсолютном способе отсчета положение начала координат остается фиксированным (неподвижным) для всей программы обработки заготовки. На УП записываются абсолютные значения координат последовательно расположенных опорных точек, заданные от начала координат. При выполнении такой УП станок каждый раз отсчитывает координаты от этого начала. В результате погрешности перемещений, неизбежные при работе любого станка, не накапливаются в процессе выполнения программы.

Для удобства составления программы и настройки станков начало координат в ряде случаев может быть выбрано в любом месте в пределах ходов рабочих органов. Такое смещаемое при настройке станка начало координат называется «плавающим нулем» и используется главным образом на расточных и сверлильных станках, оборудованных позиционными системами ЧПУ.

В системах с относительным способом отсчета координат за нулевое каждый раз принимается положение рабочего органа, которое он занимает перед началом очередного перемещения (к следующей опорной точке). В УП в этом случае записываются приращения координат для последовательного перехода инструмента от точки к точке. Относительный способ отсчета используется во многих контурных системах ЧПУ.

Точность положения подвижного органа в данной опорной точке зависит при этом от точности отработки координат всех предыдущих опорных точек (начиная от исходной). В результате происходит накопление погрешностей перемещений. Поэтому в последнее время намечается тенденция к использованию в контурных системах более точного абсолютного способа отсчета.

На основе анализа результатов обработки можно предусмотреть вероятные размеры каждой последующей детали и своев-

ременно внести коррекцию. Можно определить перемещение одной из характерных (отсчетных) точек, принадлежащих рабочему органу станка.

На токарных станках с поворотной головкой (рис. 4.9, а) отсчетная точка  $O_1$ , как правило, совмещается с проекцией оси поворота головки на координатную плоскость  $XZ$ ; в расточных, фрезерных, сверлильных и многоцелевых станках (рис. 4.9, б) отсчетная точка  $O_1$  находится на оси шпинделя у его переднего торца. Вершина  $O_1$  режущего инструмента отстоит от отсчетной точки на расстоянии

$$W = \sqrt{W_x^2 + W_z^2},$$

где  $W_x$  и  $W_z$  – проекции вектора  $W$  на координатные оси  $X$  и  $Z$ .

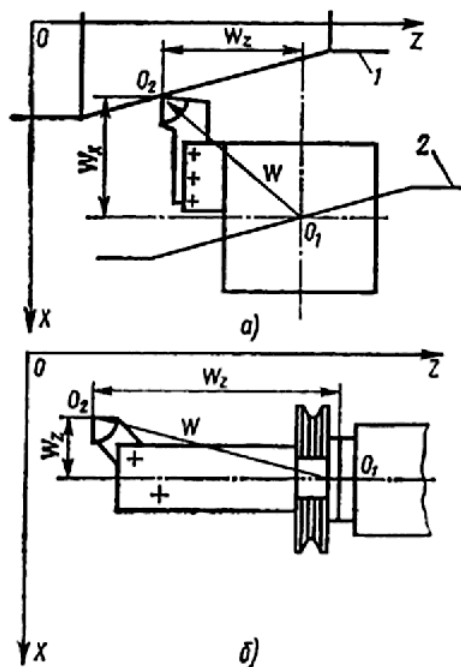


Рис. 4.9. Базирование инструментов на станке с ЧПУ



Координаты  $W_x$  и  $W_z$  выбирают с учетом оптимальных вылетов режущих инструментов. Используя размеры инструментов, имеется возможность определить траекторию 2 отсчетной точки, представляя обрабатываемую поверхность 1 в виде кривой, равноотстоящей от программируемой точки на расстоянии  $W$ .

Инструменты должны быть настроены таким образом, чтобы их вершины отстояли от отсчетной точки точно на предусмотренные управляющей программой координатные расстояния, что обеспечивается настройкой инструментов на размер.

Конструкцию вспомогательного инструмента определяют его основные элементы: поверхности, предназначенные для его крепления на станке, и поверхности, предназначенные для крепления на нем режущего инструмента. Устройства, осуществляющие автоматическую смену инструмента и его крепление на станках, определяют конструкцию хвостовика, который должен быть одинаковым для всего режущего инструмента к данному станку.

#### **4.1.10. Число программируемых движений**

По числу программируемых движений станки с ЧПУ могут быть 2-координатными (токарные, сверлильные), 3-координатными (фрезерные, расточные, сверлильные), 4-координатными (токарные двухсуппортные или фрезерные с дополнительным движением инструмента или заготовки), 5-координатными (главным образом, фрезерные) и многокоординатными (специализированные станки). Если управление по одной из координат станка может осуществляться лишь при отсутствии движения по какой-либо другой координате, то число управляемых координат такого станка иногда условно обозначают десятичным дробным числом, вычитая из полного числа координат половину координаты. Так, если на 4-координатном фрезерном станке программируемый поворот заготовки (4-я координата) может выполняться лишь при отсутствии движения по трем основным координатам, то такой станок может быть обозначен как 3,5-координатный. Для позиционных СЧПУ число управляемых координат является практически исчерпывающей характеристикой системы. Для контурных систем ЧПУ с технологической точки зрения важно знать не только общее число управля-

емых координат, но и число одновременно управляемых координат при линейной интерполяции и число одновременно управляемых координат при круговой интерполяции. Например, при линейной интерполяции некоторые СЧПУ могут осуществлять управление одновременно по всем пяти координатам, а при круговой интерполяции – только по трем координатам, к тому же с некоторыми ограничениями.

#### 4.1.11. Особенности конструкции станков с ЧПУ

К металлорежущим станкам с ЧПУ по сравнению с универсальными станками предъявляют повышенные требования по жесткости, точности, быстродействию и надежности. Станина выполняется более жесткой конструкции (из синтетрана (полимер с гранитной крошкой), полимербетона, сварных конструкций и др.) с направляющими скольжения с покрытиями, имеющими низкий коэффициент трения, гидростатическими направляющими и направляющими качения. В станках с ЧПУ нашли применение направляющие качения (рис. 4.10) и промежуточные элементы между направляющими в виде танкеток (рис. 4.11).

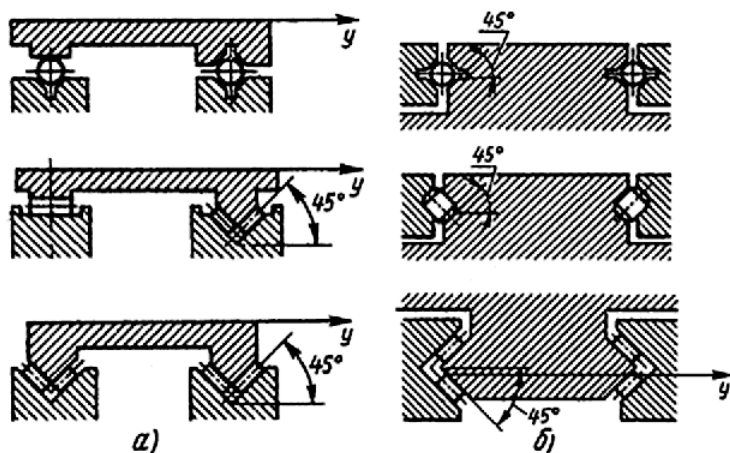
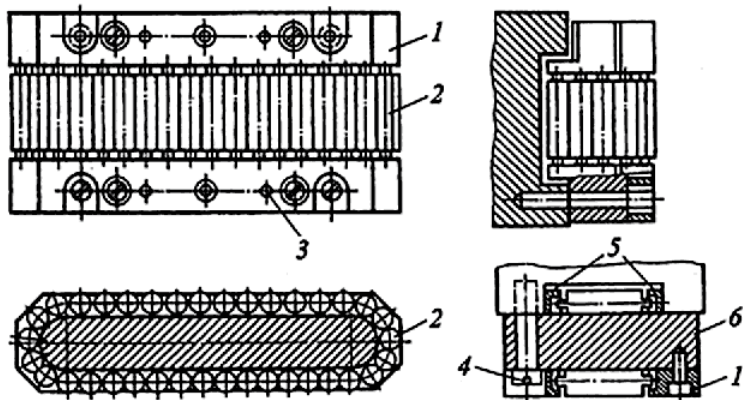


Рис. 4.10. Направляющие качения:  
а – открытые; б – закрытые



**Рис. 4.11. Направляющие качения в виде танкетки:**  
 1 – обойма; 2 – ролики; 3 – штифты; 4 – крепежные винты;  
 5 – сепараторы; 6 – направляющие

#### 4.1.12. Приводы станков с ЧПУ

Классифицируются по назначению и принципу работы (основные признаки), по типам двигателей, видам схем управления, месту установки и др. (дополнительные признаки). По назначению выделяют приводы главного движения, подачи и вспомогательных механизмов.

Одно из движений, осуществляемых в процессе резания, требует основных (главных) энергетических затрат и называется главным. Привод, реализующий это движение, называется приводом главного движения.

Движения, осуществляемые в процессе резания, служащие для взаимного перемещения инструмента и заготовки и требующие меньших (по сравнению с главным движением) затрат энергии, называются движениями подачи. Приводы, реализующие эти движения, называются приводами подачи. В сверлильных станках главным движением является вращение сверла, а движением подачи – перемещение пиноли; в фрезерных станках главное движение – вращение фрезы, а движение подачи – перемещение стола с установленной на нем заготовкой; в станках, осуществляющих врезное шлифование, главным движением является вращение шлифовального круга, а движениями подачи –

перемещение шлифовальной бабки в направлении заготовки и вращение заготовки.

Приводы, реализующие движения, имеющие вспомогательный характер (например, в зажимных приспособлениях, загрузочных устройствах, насосах, магнитных сепараторах и т. д.), называются приводами вспомогательных механизмов.

По принципу работы приводы бывают электрические, электромеханические, гидравлические и электрогидравлические. Электрический и электромеханический привод состоит из электродвигателя и кинематической цепи, включающей в себя редукторы, вариаторы, ременные и цепные передачи, муфты и т. п. В состав гидравлических приводов входят насосная станция и гидродвигатели различных видов. Электрогидравлические приводы включают в себя элементы электро- и гидрооборудования. В схемах управления электроприводом, как правило, предусмотрены вспомогательные элементы, предназначенные для защиты станка (от перегрузки), электродвигателей (от перегрева), рабочего (от травмы).

#### **4.1.12.1. Механические передачи**

Механическая передача – часть системы привода, заключенная между выходным звеном источника движения (например, выходным валом электродвигателя или штоком гидроцилиндра) и звеном потребления механической энергии и предназначенная для кинематического преобразования движения на этом пути. Под кинематическим преобразованием понимают изменение направления усилия и скорости при линейном перемещении или изменение плоскости поворота при вращательном движении.

Основные функции механических передач: распределение энергии (от одного источника движения) между различными звеньями ее потребления; совмещение энергии, поступающей от различных источников движения, и подведение ее к одному звену потребления; понижение или повышение скорости при одновременном повышении или понижении усилий или вращающих моментов; ограничение скорости или вращающего момента; регулирование скорости; преобразование вида движения (вращательного в поступательное, изменение направления оси вращения и т. д.); пуск, остановка и реверсирование.

В перспективе механические передачи в приводе станков с ЧПУ будут играть менее значительную роль, так как их функции можно будет реализовывать с помощью электрических или гидроэлектрических устройств. Однако в настоящее время, несмотря на переход к электрическим способам управления движениями, роль механических передач в станках с ЧПУ достаточно велика, что объясняется их простотой и надежностью.

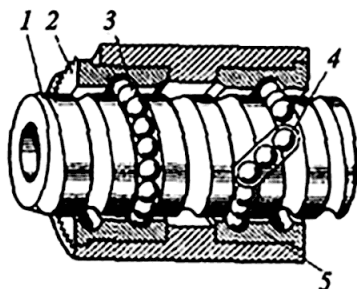
В современных станках сокращается протяженность кинематических цепей и возрастает число управляемых координат (до 8-12), а также число вспомогательных приводов для смены инструмента, оснастки, приспособлений-спутников.

Для передачи вращательного движения используют ременные, зубчатые и червячные передачи, а для преобразования вращательного движения в поступательное – зубчато-реечные и винтовые передачи.

В большинстве приводов станков с ЧПУ для преобразования вращательного движения в поступательное применяют передачу «винт – гайка качения».

В передаче «винт – гайка качения» (рис. 4.12) между рабочими винтовыми поверхностями винта 1 гайки 2 и гайки 5 помещены стальные шарики 3. При вращении винта шарики перекатываются по винтовой поверхности винта и гайки и передают поступательное перемещение закрепленным в корпусе гайкам 2 и 5.

При движении скорость перемещения шариков отличается от скорости ведущего и ведомого звеньев, поэтому необходимо обеспечить постоянную циркуляцию шариков. Для этого концы рабочей части резьбы гайки соединены возвратным каналом, помещенным во вкладыше 4. При движении шарики



**Рис. 4.12.** Передача «винт – гайка качения»

перекатываются через выступ резьбы винта и снова входят в рабочую зону, циркулируя в пределах соединенных витков гайки. Выборку зазора в передаче осуществляют поворотом гайки 2 относительно гайки 5. Эти гайки создают натяг, обеспечивающий большую осевую жесткость.

Значительно большее значение в приводах станков с ЧПУ имеют неуправляемые и управляемые муфты и тормоза. Неуправляемые муфты (с постоянным соединением, обгонная и предохранительные) выполняют различные статические и динамические функции при соединении валов, вращающихся с равной скоростью. К статическим функциям относится устранение влияния несоосности или непараллельности валов, а к динамическим – демпфирование (подавление) крутильных колебаний, появляющихся по каким-либо причинам на одном из валов, и гашение ударных моментов, возникающих в источнике движения или в звене потребления энергии при определенных режимах работы. Неуправляемые тормоза предназначены для фиксации каких-либо валов при переналадке машин.

Управляемые муфты (цепная кулачковая, дисковая фрикционная) обеспечивают требуемые кинематические связи в механических передачах как в неподвижном состоянии соединяемых валов (предварительный набор требуемого передаточного отношения), так и при вращении одного из них.

В приводе подач перед ходовым винтом часто располагают беззазорные зубчатые передачи, в которых выборку зазора осуществляют различными способами. Зубчатое колесо, показанное на рис. 4.13, а, состоит из двух дисков 2 и 3 с зубчатыми венцами.

Уменьшение зазора в зубчатом зацеплении колеса 1 и дисков 2 и 3 достигается разворотом эксцентриковой втулки 4. После выборки зазора диски 2 и 3 скрепляют винтом 5.

На рис. 4.13, б показано зубчатое колесо с косыми зубьями, составленное из дисков 6 и 8 и связанное с валом шпонкой 4. Зазор в зацеплении с колесом 1 регулируют подбором толщины полуколец 2 и 7 между дисками 6 и 8, взаимное положение которых определяется штифтами 3. После регулирования диски 6 и 8 скрепляют винтами 5.

Косозубое колесо 3, расположенное на валу 2 (рис. 4.13, в), соединяется с колесами 1 и 4, расположенными на валу 6, причем колесо 1 неподвижно в осевом направлении. Между коле-

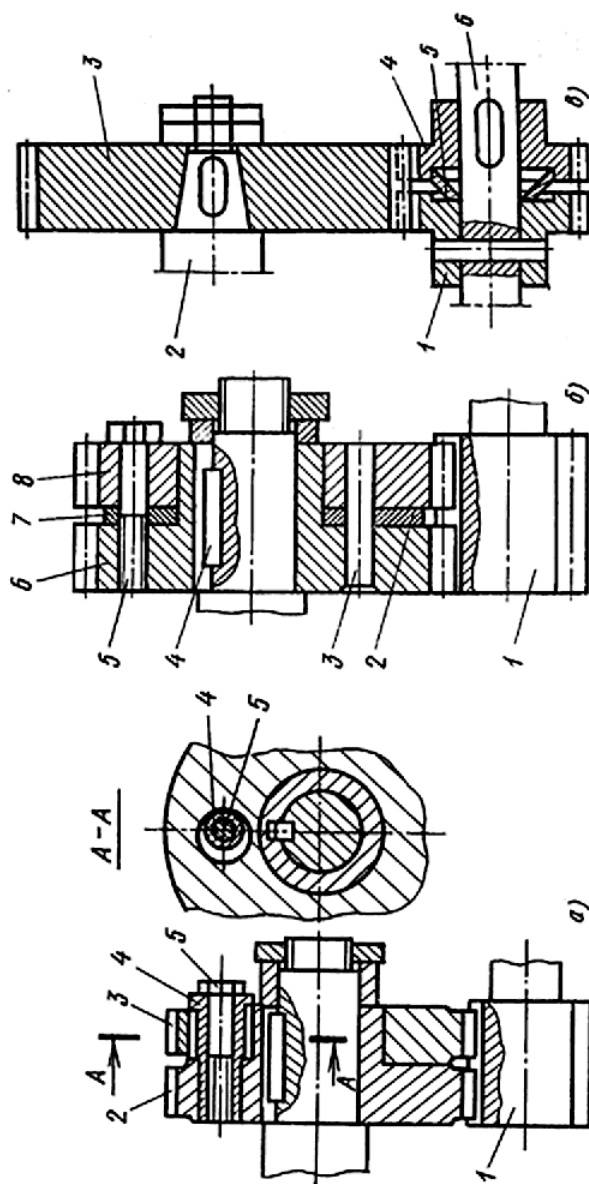
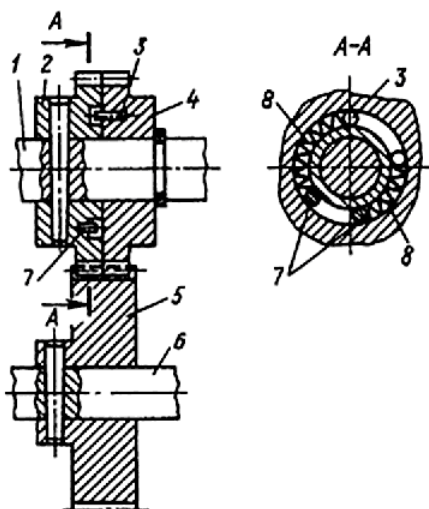


Рис. 4.13. Способы создания беззазорного зацепления в зубчатых передачах



**Рис. 4.14.** Беззазорная зубчатая передача с выборкой зазора пружиной круглого сечения

сами 1 и 4 находится тарельчатая пружина 5, которая перемещает колесо 4 и поворачивает колесо 3 до тех пор, пока его зубья не вступят в контакт с неподвижным колесом 1. При этом производится автоматическая выборка зазора.

Зубчатые колеса 2 и 4, сидящие на валу 1 (рис. 4.14), сцепляются с зубчатым колесом 5, расположенным на валу 6, причем колеса 2 и 5 жестко закреплены на валах 1 и 6 соответственно, а колесо 4 может вращаться на валу 1.

В пазу зубчатого колеса 2 находятся две пружины 8, которые одним концом упираются в штифты 3 колеса 4, а другим – в штифты 7 колеса 2, заставляя поворачиваться колесо 4 относительно колеса 2. При этом производится автоматическая выборка зазора.

#### 4.1.12.2. Электрический привод

Электрическим приводом называется устройство, преобразующее электрическую энергию в механическую и управляющее параметрами получающегося при этом движения. Основным элементом электропривода является электрический двига-



тель, в котором и происходит преобразование энергии. Управление параметрами движения осуществляют с помощью преобразователя основного управляющего параметра, датчика обратной связи, задающего устройства, устройства защиты и т. д.

Привод с электродвигателем постоянного тока называется электроприводом постоянного тока, а привод с асинхронным или синхронным электродвигателем – электроприводом переменного тока.

Отдельную группу образуют вентильные и шаговые двигатели, принцип работы которых будет изложен ниже.

Преобразователи являются звеньями системы электропривода, в которых происходит изменение параметров тока или напряжения, т. е. преобразователь трансформирует электрическую энергию с одними параметрами в электрическую энергию с другими параметрами. Например, у преобразователя переменного тока в постоянный (так называемого выпрямителя) на входе – переменный ток, а на выходе – постоянный.

#### **4.1.12.3. Приводы главного движения и подачи**

Данные приводы в станках с ЧПУ должны обеспечивать съем металла с максимальной производительностью при заданных точности и качестве обработки.

На основе исследований основных закономерностей, связывающих производительность со скоростью главного движения и подачи, установлены следующие диапазоны регулирования скорости: примерно 5:1 – бесступенчатое регулирование в целях оптимизации режима резания; примерно 100:1 – ступенчатое регулирование, необходимое для установления требуемой скорости резания.

В приводах главного движения бывает необходимо точно остановить двигатель и для этого иметь большой диапазон регулирования скорости, например, точно остановить шпиндель токарного станка для автоматической выгрузки изделия и загрузки новой детали.

#### **4.1.12.4. Привод подачи**

Это один из основных узлов, определяющих производительность и точность станка с ЧПУ. Поскольку УЧПУ практичес-

ки безинерционно формирует сигналы управления приводом, обеспечивающие движение по заданной траектории или позиционирование в заданной координате, большое значение приобретает совершенствование параметров исполнительного двигателя и схемы управления им с учетом особенностей кинематической цепи привода.

По мере совершенствования в УЧПУ увеличения жесткости и точности узлов станка повышаются требования к быстродействию и точности привода подач: скорость быстрых перемещений в современных многоцелевых станках доведена до 10-12 м/мин, а дискретность перемещений – до 1 мкм.

В приводах с высокомоментными двигателями во многих случаях отпала необходимость в редукторе или значительно упростилась его конструкция, что уменьшило динамическую нагрузку приводного механизма и ее влияние на переходные процессы. Поэтому указанный привод не требует особо точной регулировки при его монтаже на станке. Высокий КПД современных винтовых передач и направляющих обеспечивает ускоренные перемещения при крутящем моменте привода, равном 15-20% номинального крутящего момента, необходимого для процесса резания. В то же время резание с большими усилиями возможно лишь при скорости, равной 15-20% скорости быстрого перемещения. Эти особенности и определяют специфику создания привода подач станков.

Привод подач управляется по детерминированной, заранее заданной УП, определяющей входные сигналы в функции времени по каждой координате, что позволяет заранее компенсировать систематические погрешности, а также формировать в УП входные воздействия, минимизирующие переходные процессы.

Следящий привод имеет, как минимум, два датчика обратной связи – по скорости (тахогенератор) и по пути. Тахогенератор всегда устанавливают на вал двигателя подачи, при этом часто встраивают непосредственно в двигатель. Что касается датчика обратной связи по пути, то существуют различные варианты его установки.

В станках нормальной точности датчик обратной связи по пути выполняют круговым и устанавливают на ходовой винт или на вал двигателя (рис. 4.15, а); поскольку пара «винт-гайка» не охвачена обратной связью, погрешности этой пары переносятся на изделие. Систематическую слагающую этих погрешнос-

тей, повторяющаяся стабильно, можно компенсировать с помощью заранее программируемых корректирующих сигналов. Следящие приводы с такой структурной схемой, называемой

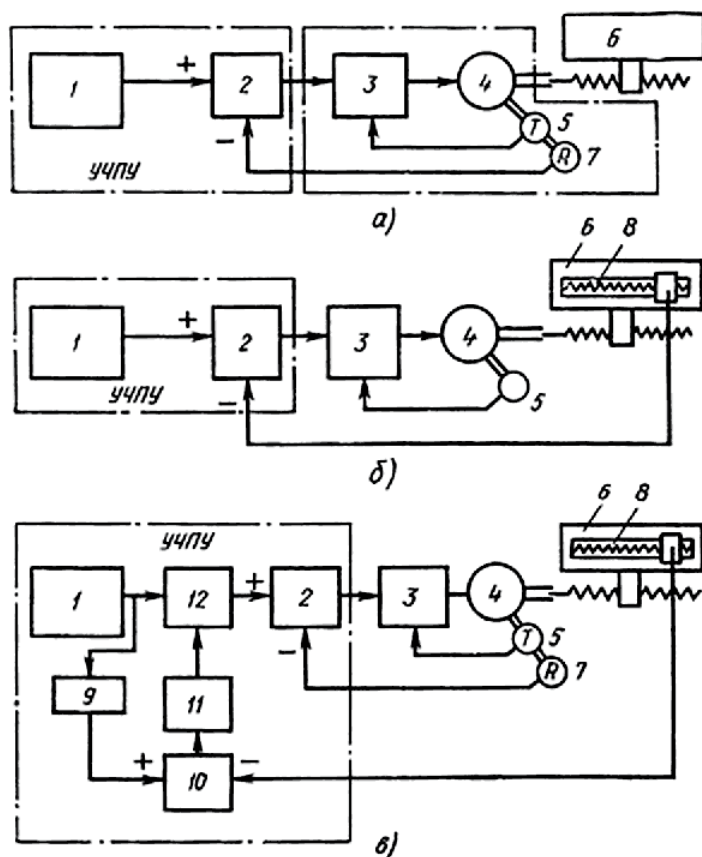


Рис. 4.15. Структурные схемы следящих приводов:

- а – с полужамкнутым контуром обратной связи по пути; б – то же с замкнутым контуром; в – с гибридной схемой обратной связи;  
 1 – основной блок УЧПУ; 2 – узел управления приводом; 3 – блок привода;  
 4 – двигатель подачи; 5 – тахогенератор; 6 – стол станка; 7 – круговой датчик обратной связи по пути; 8 – линейный датчик обратной связи по пути;  
 9 – задание перемещения; 10 – блок программного или аппаратного сравнения; 11 – задание дополнительного перемещения;  
 12 – блок суммирования

схемой с полузамкнутым контуром обратной связи по положению, обеспечивают точность позиционирования  $\pm 10$  мкм.

В микропроцессорных системах ЧПУ обратные связи по пути замыкаются в УЧПУ, а обратные связи по скорости – в блоке управления приводом. Таким образом, в следящих системах используют регулируемый привод с введением обратной связи по пути. На выходе УЧПУ формируется сигнал постоянного тока с максимальными значениями  $\pm 10$  В, величина сигнала которого соответствует рассогласованию между заданным и отработанным перемещением. Кроме этого УЧПУ выдает сигнал компенсации скорости.

В прецизионных станках устанавливают на столе станка высокоточный линейный датчик 8 (рис. 4.15, б). Такая структурная схема называется замкнутой по положению. При этой схеме зазоры в кинематической цепи и упругие деформации влияют на колебания привода.

Поэтому в ряде случаев (например, в тяжелых станках) применяют гибридную схему обратной связи (рис. 4.15, в), в которой используют два датчика: круговой, установленный на вал двигателя или ходовой винт, и линейный, установленный на стол станка.

При этом круговой датчик используют для позиционирования, а линейный – для автоматической коррекции погрешностей кинематической цепи.

#### **4.1.12.5. Привод подач с шаговыми двигателями (ШД)**

Такой привод можно разделить на две группы: 1) привод с силовым ШД, соединенным через кинематическую цепь с исполнительным механизмом; 2) привод с управляющим ШД и промежуточным усилителем момента, выполненным в виде автономной следящей системы (обычно гидравлической). В первой группе динамические и статические характеристики привода определяются параметрами ШД, во второй – зависят от параметров следящей системы, которой управляет ШД.

Преимущества шагового привода по сравнению с приводом следящим имеют значение лишь при малых мощностях приводов. К таким преимуществам относятся отсутствие датчика обратной связи по пути и тахогенератора, а также отсутствие коллектора с щетками. Именно это обусловило применение ШД в приводе подач малых токарных и шлифовальных

станков, а также для управления различными вспомогательными механизмами (поворот и смещение план-суппортов, резцедержателей и т. д.) станков и гибких производственных модулей.

Современные быстродействующие ШД являются модифицированными синхронными электрическими машинами, обмотки которых возбуждаются несинусоидальными сигналами, т. е. прямоугольными или ступенчатыми импульсами напряжения с изменяющейся в широких пределах частотой. Ступенчатому характеру напряжений на фазах ШД соответствует дискретное вращение электромагнитного поля в воздушном зазоре двигателя. Вследствие этого движение ротора на низкой частоте складывается из последовательности элементарных перемещений, совершаемых по аperiodическому или колебательному закону. При возрастании управляющей частоты неравномерность частоты вращения ротора ШД сглаживается. Шаговые двигатели с электронным коммутатором осуществляют преобразование последовательности управляющих импульсов (унитарного кода) в угол поворота вала (рис. 4.16).

На рис. 4.16 приведена схема трехсекционного статора шагового двигателя. Он состоит из ротора 1 и статора 2, который имеет расположенные по кругу три секции I, II и III, каждая из которых смещена по окружности относительно рядом расположенной секции на  $1/3 t$ , где  $t$  – межполюсное расстояние. Если полюсы секции II ротора располагаются против полюсов статора, то полюсы секций I и III ротора смещены относитель-

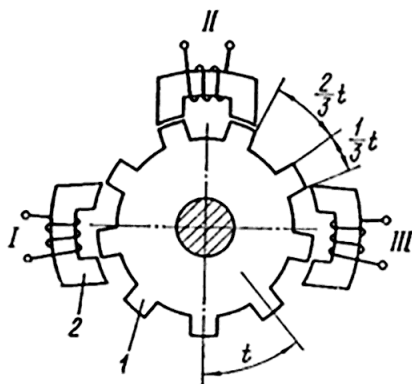


Рис. 4.16. Шаговый двигатель: устройство и принцип действия

но полюсов статора, соответственно, на  $2/3 t$  и на  $1/3 t$ . При подаче напряжения в секцию II статора ротор будет неподвижен, так как в этом положении он имеет минимальное магнитное сопротивление. При подаче напряжения в секцию III статора ротор повернется по часовой стрелке на  $1/3 t$ , и полюсы этой секции встанут против полюсов ротора. При подаче напряжения в секцию I ротор снова повернется по часовой стрелке на  $1/3 t$  и т. д. Последовательная подача импульсов на обмотки электромагнитов статора соответствующих секций вызывает прерывистое (шаговое) вращение ротора.

Каждому импульсу управления соответствует поворот вала на фиксированный угол (шаг двигателя), величина которого однозначно определена конструкцией ШД и способом переключения его обмоток. Частота вращения и суммарный угол поворота вала пропорциональны соответственно частоте и числу поданных импульсов управления. В отличие от синхронных двигателей в ШД переход в синхронное движение из состояния покоя осуществляется без скольжения, а торможение – без выбега ротора. Благодаря этому ШД (в рабочем диапазоне частот) обеспечивают внезапный пуск, остановку и реверсирование без потери информации, т. е. без пропуска шагов.

В станках с ЧПУ с ШД применяют приводы подачи с гидроусилителями крутящих моментов (рис. 4.17).

В качестве силового органа такого усилителя используют гидродвигатель 4 (рис. 4.18), выходной вал 5 которого соединен с исполнительным механизмом.

Втулка 2 управляющего золотника жестко соединена с выходным валом 5, а золотник 1 – с входным валом 3. Рабочая жидкость от насоса через отверстия 6 и 10 полагает в управляющий золотник. При нейтральном положении золотника относительно втулки указанные отверстия перекрыты. Враще-

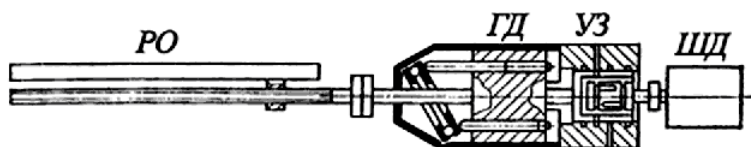


Рис. 4.17. Шагово-импульсный привод подачи с гидроусилителем крутящих моментов:

РО – рабочий орган; ГД – гидродвигатель; УЗ – управляющий золотник;  
ШД – шаговый двигатель

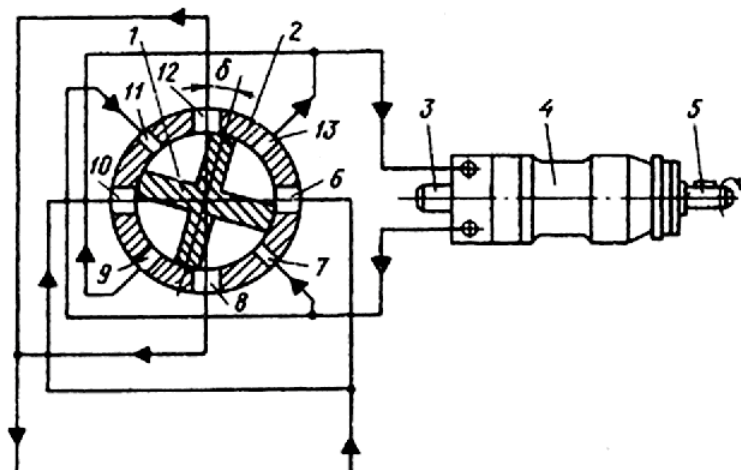


Рис. 4.18. Схема гидроусилителя крутящих моментов

ние вала гидромотора задается угловым положением управляющего золотника 1. При смещении управляющего золотника от нейтрального положения рабочая жидкость из управляющего золотника через отверстия 13 и 9 поступает в гидромотор, а по отводящей трассе через отверстия 7 и 8, 11 и 12 – на слив. Вместе с валом вращается по часовой стрелке и втулка 2. Вращение ее происходит до тех пор, пока она не окажется в нейтральном положении относительно золотника.

#### 4.1.13. Режущий инструмент и приспособления для токарных станков с ЧПУ

На токарных станках с ЧПУ применяются различные виды режущего инструмента. Условно их можно разделить на две группы: инструменты для наружной обработки и инструменты для внутренней обработки. К первой группе относятся проходные, контурные, резьбовые, канавочные и другие резцы. Ко второй группе можно отнести расточные резцы, а также сверла, зенкеры, развертки.

В суппорте станка режущий инструмент закрепляется с помощью вспомогательного инструмента: резцовых блоков и оправок.

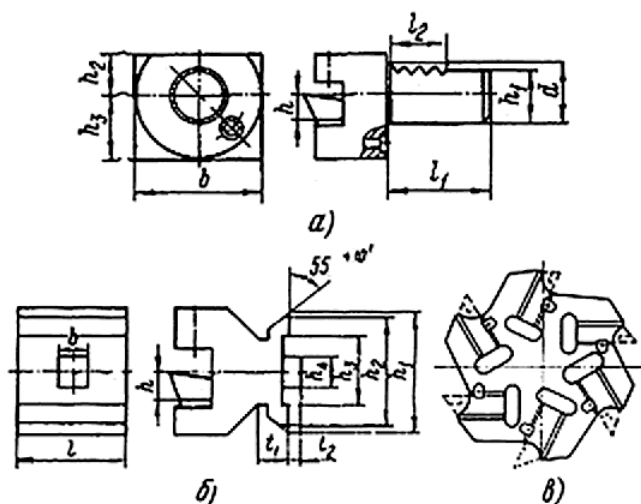


Рис. 4.19. Резцовые блоки:

а – с цилиндрическим хвостовиком; б – призматический; в – револьверный

Крепление инструмента в револьверной головке (рис. 4.19, в) производится непосредственно (рис. 4.20) или с помощью резцовых блоков и державок (рис. 4.19, а, б).

Сведения о номенклатуре и основных размерах унифицированного вспомогательного и специального режущего инструмента приведены в руководстве по эксплуатации, прилагаемом к станку.

Сборные резцы с механическим креплением многогранных неперетачиваемых быстросменных пластин из твердого сплава наиболее применимы на токарных станках с ЧПУ. Они обеспечивают постоянство длины режущей кромки при повороте пластины или ее смене, возможность использования на одной державке различных марок твердого сплава в зависимости от обрабатываемого материала, а также постоянство координат рабочей вершины и режущих кромок относительно опорных поверхностей.

Наиболее широкое распространение на токарных резцах к станкам с ЧПУ нашли пластины (рис. 4.21, а, б) шестигранной формы с углом  $80^\circ$  со стружколомающими канавками на одной стороне и без канавок, пластины (рис. 4.21, в) трехгранной формы со стружколомающими канавками на одной сто-



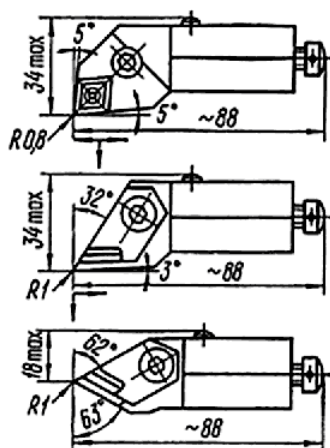


Рис. 4.20. Резцовые вставки

роне, пластины (рис 4.21, г) ромбической формы с углом  $80^\circ$  и стружколомающими канавками на одной стороне и отверстием, пластины (рис. 4.21, е) пятигранной формы со стружколомающими канавками на одной стороне и без канавок, пластины (рис. 4.21, ж, е) шестигранной формы со стружколомающими канавками на одной стороне и без канавок, пластины (рис. 4.21, и) квадратной формы со стружколомающими канавками на одной стороне и без канавок, пластины параллелограммной формы с углом  $55^\circ$  и стружколомающими канавками на одной стороне.

Помимо формы выпускаемые промышленностью пластины различаются по марке твердого сплава (ВК3М, ВК4, ВК6, ВК6М, ВК8, ТТ10К8В, Т5К12В, Т17К10, Т5К10, Т14К8, Т15К6, Т30К4) и по размерам, которые характеризуются диаметрами вписанных окружностей. У пластин, подготовленных к использованию, как правило, обработана плоскость основания и заточена по передней грани ленточка, примыкающая к режущей кромке.

Срок работы пластин резцов можно значительно удлинить, если периодически производить доводку их граней алмазным надфилем. Изменение размера резца после доводки легко компенсируется на станке с ЧПУ с помощью корректоров. Это делает применение сборных резцов на станках с ЧПУ чрезвычайно эффективным.

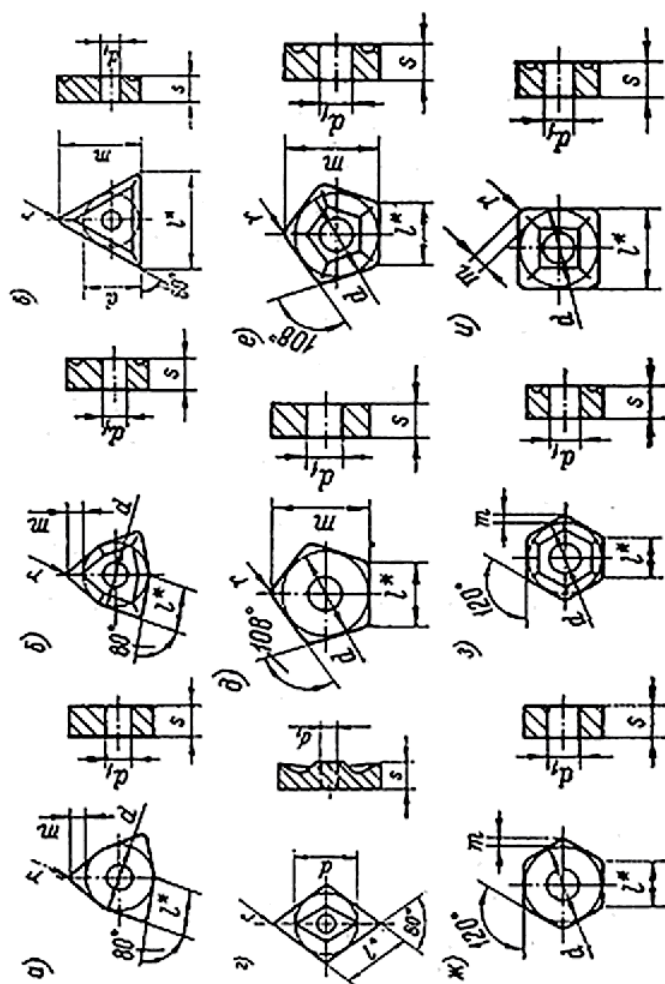


Рис. 4.21. Типы многогранных непереключаемых быстрорежущих пластин из твердого сплава:  
 а, б – шестигранной формы с углом  $80^\circ$ ; в – трехгранной формы; г – ромбической формы; д, е – пятигранной формы;  
 ж, з – шестигранной формы; и – квадратной формы

#### 4.1.13.1. Настройка инструмента на размер

Обеспечение станков с ЧПУ предварительно настроенным инструментом значительно сокращает подготовительно-заключительное время, затрачиваемое на переналадку станка, и вспомогательное время, затрачиваемое на смену инструмента. Для токарных станков с ЧПУ применяются различные конструкции устройств, обеспечивающих настройку инструмента вне станка.

В устройстве (рис. 4.22) резцовый блок 1 устанавливается на переходной плите 2.

Плита 2 заранее монтируется на столе 3 с помощью эталонного блока 5 так, чтобы при подводе каретки устройства с визирным микроскопом 4 вершина эталонного резца блока совпадала с перекрестием осей в поле зрения микроскопа. При этом перед индикатором 6 отсчета по оси X должен быть установлен набор концевых мер, соответствующий расстоя-

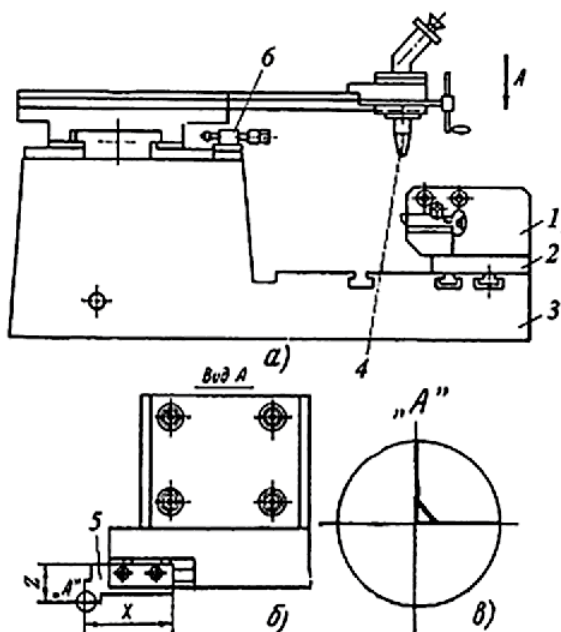


Рис. 4.22. Устройство настройки инструмента на размер:  
 а – устройство; б – настройка по эталонному блоку;  
 в – установка вершины резца в визире микроскопа

нию вершины эталонного резца блока от расчетной базовой плоскости резцового блока.

Такая же выверка, но по второму размеру, делается и по оси Z с помощью второго индикатора (на рисунке не показан). После закрепления переходной плиты на столе в указанном положении индикаторы настраивают на ноль, эталонный резцовый блок снимают, перед индикаторами устройства устанавливают концевые меры, соответствующие требуемым по наладке (по осям X и Z) настроечным размерам от базовых плоскостей резцового блока или резцедержавки до вершины резца.

Каретка с визирным микроскопом подводится к нулевому положению по обоим индикаторам при установке указанных концевых мер. Настраиваемый резцовый блок устанавливается в переходной плите 2, и резец перемещается и закрепляется в нем таким образом, чтобы его вершина совпала с перекрестием осей «А» в поле зрения микроскопа в нулевом положении каретки.

#### 4.1.13.2. Режимы резания

Рекомендации по выбору режимов резания при обработке на токарных станках с ЧПУ приведены в таблицах справочников. В них обычно приводятся рекомендации применительно к одному или нескольким обрабатываемым материалам. При черновом обтачивании наружных и торцевых поверхностей, а также растачивании внутренних поверхностей режимы должны назначаться с использованием полных возможностей инструмента и станка. Глубина резания  $t$  (мм) определяется в зависимости от технологических условий обработки, а подача на оборот  $s$  (мм/об) назначается согласно нормативам. При обработке стали на величину подачи должен вводиться поправочный коэффициент  $K_s$ , учитывающий влияние характеристики обрабатываемого материала на удовлетворительное формирование стружки. Скорость резания  $v$  (м/мин) и поправочные коэффициенты к этим значениям приведены в таблицах справочников.

#### 4.1.13.3. Приспособления

На токарных станках с ЧПУ обычно применяются универсальные приспособления. Они просты по конструкции, имеют

ручные зажимные элементы, но отличаются высокой точностью изготовления. При обработке на станках токарной группы заготовки устанавливают в центрах, в самоцентрирующие патроны или на планшайбы.

Поводковый центр, используемый при чистовом обтачивании деталей типа валов, показан на рис. 4.23. Подпружиненный плавающий центр 6 обеспечивает центрирование левого торца детали. Комплект поводков (наружный диаметр зубчатой поверхности поводка 13-110 мм), изготовленных из стали ХВГ (HRC 55-60), позволяет обрабатывать валы диаметром 15-120 мм.

Отклонение от перпендикулярности торцов обрабатываемых деталей не влияет на точность обработки, так как поводок 1, качаясь в двух плоскостях, самоустанавливается по торцу обрабатываемой заготовки. Качание поводка осуществляется на двух парах роликов 3, расположенных в двух взаимно перпендикулярных плоскостях в пазах стакана 5, люльки 4 и водила 2, путем перемещения по поверхности стакана.

Для нормальной работы поводкового центра необходим постоянный прижим торца обрабатываемой детали к зубчатой поверхности поводка. Это обеспечивается вращающимся центром задней бабки станка, оснащенной пинолью с пневмозажимом.

Усовершенствованный вращающийся центр (рис. 4.24) способен выдерживать значительные радиальные и осевые нагрузки, воздействующие на него при продолжительной токарной обработке

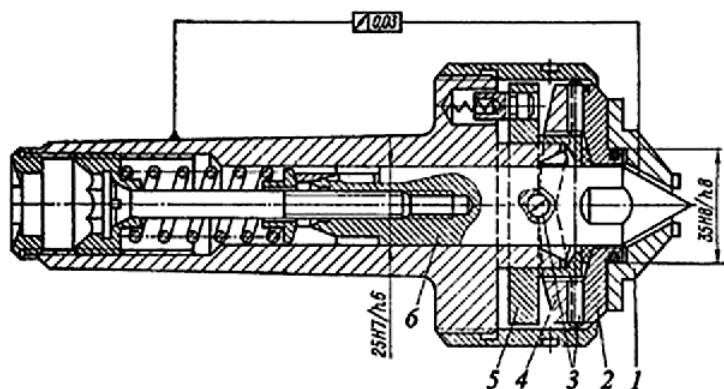


Рис. 4.23. Поводковый центр

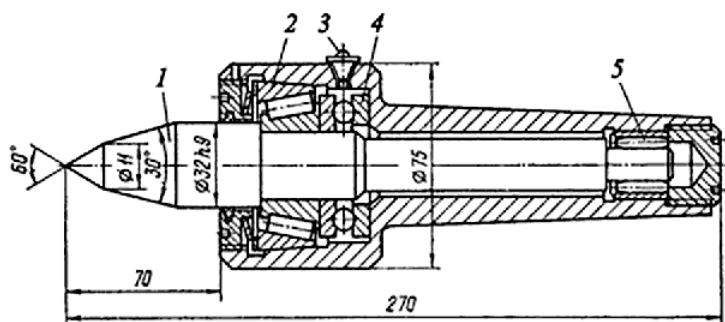


Рис. 4.24. Усовершенствованный вращающийся центр

деталей при частоте вращения 1000-2000 об/мин. Он имеет конический роликовый 2, шариковый упорный 4 и игольчатый 5 подшипники. В корпус вращающегося центра для периодического заполнения внутренней полости маслом ввернута масленка 3. Передняя часть вставки 1 выполнена удлиненной с двумя конусами: конус с углом  $60^\circ$  – под центровое отверстие и конус с углом  $30^\circ$  – промежуточный. Такая конструкция вставки обеспечивает подвод режущего инструмента как можно ближе к центру и позволяет обтачивать детали с минимальным диаметром до 6 мм.

#### 4.1.13.4. Патроны для токарных станков с ЧПУ

К патронам для токарных станков с ЧПУ предъявляют следующие основные требования: высокая точность и жесткость, обеспечивающая возможность использования полной мощности станка при черновой обработке; быстрое действие зажима-разжима заготовок; быстрая переналадка кулачков на требуемый диаметр; снижение или даже исключение влияния центробежных сил на уменьшение силы зажима при высоких частотах вращения шпинделя; наличие достаточно большого отверстия для возможности обработки прутковых заготовок; широкая универсальность, обеспечивающая установку заготовок различной формы и размеров; быстрая переналадка на установку заготовок в центрах.

Быструю переналадку или смену кулачков обеспечивают приведенные ниже конструкции патронов. Кулачки 9 патрона

(рис. 4.25, а) зацепляются со спиральным диском 8, в котором выполнен зубчатый венец 7 внутреннего зацепления, являющийся наружным колесом планетарной передачи. Центральное зубчатое колесо 10 передачи установлено на шлицевой втулке, шлицы которой контактируют с пальцами ползуна 11. Винтовые шлицевые пазы ползуна взаимодействуют с пальцами кольца 3, закрепленного на корпусе патрона.

На водиле 5 планетарной передачи установлены сателлиты 6 и колесо самотормозящейся червячной передачи. Выступы на торцах червяка 4 входят в отверстия втулки 13. Для переналадки кулачков на требуемый диаметр ключом вращают втулку 13, которая посредством червяка 4 и колеса 1 поворачивает водило 5. При этом сателлиты, обкатываясь по неподвижному зубчатому колесу 10, вращают спиральный диск, перемещая радиально кулачки на требуемый диаметр.

Закрепление заготовки осуществляется посредством механизированного пневмо-, гидро- или электропривода, закрепленного на заднем конце шпинделя станка. Привод перемещает тягу 2 и ползун 11 влево. При этом пальцы кольца 3, входящие в винтовые пазы ползуна, поворачивают ползун, в результате чего центральное зубчатое колесо 10 вращает сателлиты, поворачивая зубчатое колесо 7 и спиральный диск 8, перемещающий кулачки, закрепляющие заготовку. При этом, вследствие самоторможения червяка, водило остается неподвижным.

Конструкция быстроналаживаемого клинового патрона на рис. 4.25, б обеспечивает быструю смену или индивидуальную настройку кулачков 6 на требуемый размер относительно оснований 3 без последующего растачивания. Это обеспечивается поворотом винта 5 со срезанной резьбой при помощи ключа на 90° в фиксируемое подпружиненным шариком 4 положение. При этом кулачок 6 быстро вынимают из направляющих корпуса и заменяют другим или перемещают в требуемое положение. Для ориентации положения кулачка на торце корпуса выполнены концентричные окружности. После установки кулачка 6 на требуемый размер поворотом винта 5 резьбу винта вводят в зацепление с резьбой кулачка 6. При этом подпружиненный шарик 4 заскакивает в лунку винта с характерным щелчком, фиксируя его положение. Быстрая переналадка кулачков осуществляется поочередно, зависимо друг от друга в течение 2 мин. Быстрый режим заготовки осуществ-



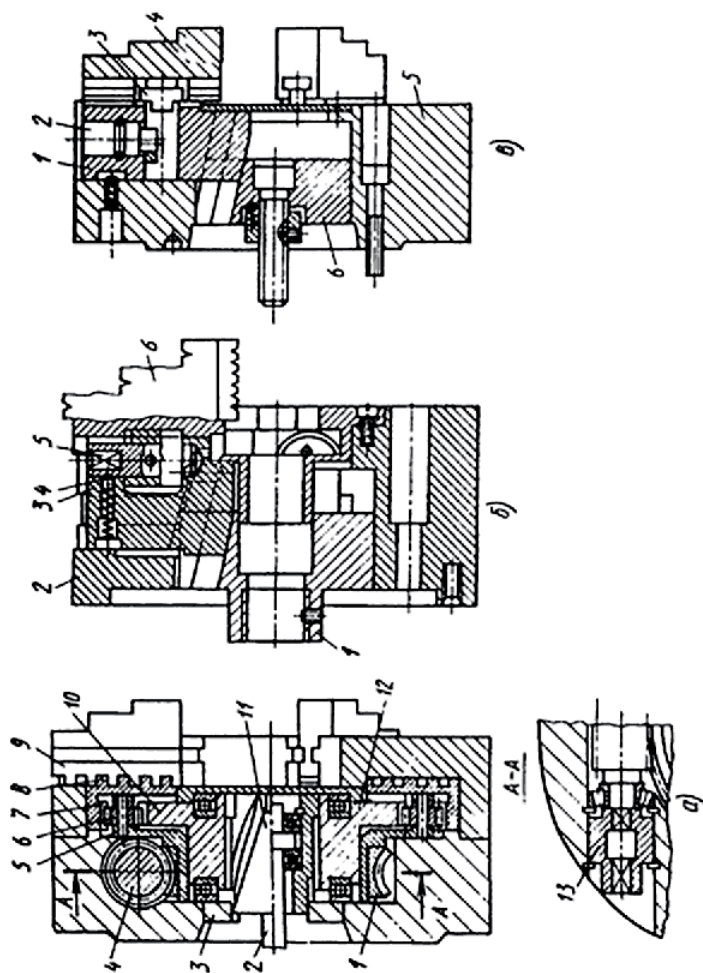


Рис. 4.25. Патроны быстропереналаживаемые



ляется перемещением клиновой втулки 1 в корпусе 2 патрона посредством механизированного (пневматического, гидравлического или электромеханического) привода, устанавливаемого на заднем кольце шпинделя станка.

Конструкция патрона на рис. 4.25, в состоит из корпуса сменного 4 и основного 1 кулачков, эксцентрикового валика 2, посредством которого осуществляется закрепление кулачков, прижима 3 и штока 6. Для быстрой переналадки кулачков поворачивают ключом эксцентриковый валик 2. При этом прижим 3 раскрепляет кулачок. После перестановки кулачка 4 по зубцам основного кулачка 1 на требуемый размер или замены закаленного кулачка незакаленным его закрепляют поворотом эксцентрикового валика, что обеспечивает значительное сокращение времени переналадки по сравнению с переналадкой кулачков, закрепляемых посредством сухарей и винтов.

#### **4.1.14. Режущий инструмент и приспособления на фрезерных станках с ЧПУ**

##### **4.1.14.1. Режущий инструмент**

При обработке заготовок на фрезерных станках с ЧПУ используются те же режущие инструменты, что и при обработке на станках с ручным управлением. Предпочтение следует отдавать универсальному режущему инструменту, однако в некоторых случаях на станках с ЧПУ применяют специальный инструмент, который в конкретных условиях обработки позволяет выполнить технические требования или повысить производительность обработки.

К фрезам, используемым на станках с ЧПУ, предъявляются повышенные требования, так как им приходится работать с переменными нагрузками и с увеличенными режимами резания. Это объясняется тем, что на станке с ЧПУ одним и тем же инструментом обрабатываются различные поверхности с разными припусками и размерами.

Универсальные фрезы подразделяются на цилиндрические насадные, торцевые, концевые, дисковые, шпоночные, угловые, фасонные и т. д. Цилиндрические насадные фрезы изготавливают из быстрорежущей стали с мелким и крупным зубом, с винтовыми твердосплавными пластинами. Эти фрезы пред-

назначаются для всех видов фрезерования открытых поверхностей деталей из чугуна, стали и цветных металлов.

Торцевые фрезы можно разделить на быстрорежущие и твердосплавные. Быстрорежущие фрезы с мелким и крупным зубом, а также со вставными ножами предназначены для чернового и чистового фрезерования уступов, плоскостей и пазов в деталях из различных сталей, алюминиевых сплавов, легких и цветных металлов.

Торцевые фрезы со вставными ножами из твердого сплава и с неперетачиваемыми многогранными пластинами используются для высокопроизводительного скоростного фрезерования открытых поверхностей из различных сталей и чугуна. Наибольшее применение в таких фрезах получили круглые, четырехгранные, пятигранные и шестигранные твердосплавные пластины. Диаметр торцевой фрезы определяют в зависимости от ширины обрабатываемой плоскости, исходя при этом из следующих условий: число ходов фрезы, определяемое шириной плоскости, должно быть минимальным; ширина фрезерования  $B$  не должна превышать при черновой обработке 75-80% диаметра  $D$  фрезы; диаметр фрезы не должен превышать ширину обрабатываемой плоскости более чем в три раза; диаметр торцевой фрезы для чистовой обработки должен превышать ширину обрабатываемой поверхности не менее чем на 10%; торцевая фреза меньшего диаметра предпочтительнее торцевой фрезы большего диаметра (при прочих равных условиях).

Концевые фрезы, используемые на станках с ЧПУ, по материалу режущей части делятся на быстрорежущие и твердосплавные и предназначены для всех видов фрезерования пазов и уступов в деталях из различных материалов.

Фрезерование сложных контуров, отверстий и пазов большой ширины (более 50 мм) рекомендуется выполнять концевыми фрезами, оснащенными твердосплавными пластинами.

Быстрорежущие концевые фрезы имеют диаметр от 5 до 50 мм, твердосплавные – от 20 до 50 мм (с винтовыми пластинами твердого сплава).

Для обработки сложных криволинейных поверхностей, таких, например, как рабочие профили турбинных лопаток, штампы и матрицы, используются концевые радиусные фрезы. В зависимости от конфигурации обрабатываемых поверхностей и условий обработки к этим фрезам предъявляют особые тре-

бования, которые необходимо учитывать при выборе режущего инструмента для конкретной операции. Так, для улучшения выхода стружки при обработке глубоких глухих колодцев необходимо увеличивать угол наклона спирали. В целях уменьшения вибрации при обработке зубья фрезы располагают несимметрично. Если необходимо обеспечить возможность работы фрезы в осевом направлении в режиме сверления, то в нулевой точке на торце фрезы оставляют небольшую перемычку. Обработку галтельных переходов, незначительного радиуса ведут коническими радиусными фрезами; угол наклона конуса определяется конструктивными параметрами обрабатываемых поверхностей и условием обеспечения необходимой жесткости; такие фрезы чаще всего изготавливаются из быстрорежущей стали.

Дисковые фрезы предназначены для обработки пазов заданных размеров, а также уступов в деталях, изготовленных из различных материалов. По материалу режущей части они делятся на быстрорежущие и твердосплавные. Твердосплавные фрезы могут быть цельными и с пластинами или ножами.

Трехсторонние фрезы для обработки пазов и канавок имеют диаметр до 160 мм и ширину от 5 до 36 мм. Наличие торцевых зубьев у трехсторонних фрез улучшает чистоту обработанной поверхности и создает благоприятные условия резания.

Шпоночные фрезы предназначены для фрезерования шпоночных пазов, а также канавок в стальных и чугунных деталях. Диаметр шпоночных фрез – от 5 до 12 мм (из быстрорежущей стали) и от 4 до 12 мм (из твердого сплава).

Угловые, фасонные и им подобные фрезы предназначены для фрезерования пазов и уступов различной конфигурации. Они выпускаются, как и остальные фрезы, быстрорежущими и твердосплавными.

#### **4.1.14.2. Режимы резания**

Рекомендации по выбору режимов резания обычно приводятся применительно к одному или нескольким обрабатываемым материалам. При расчете режимов обработки деталей из других материалов вводятся поправочные коэффициенты на обрабатываемость этих материалов. В таблицах справочников приведены рекомендации по выбору режимов резания для фрезерных станков с ЧПУ применительно к услови-

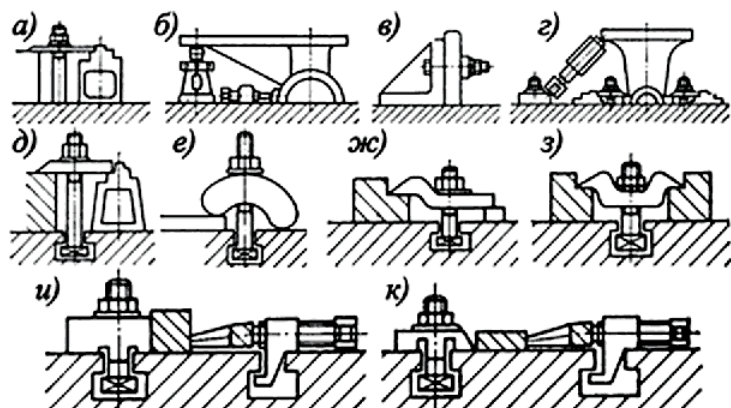
ям обработки корпусных деталей из серого чугуна (СЧ 21-40), конструкционной стали 45 и алюминиевых сплавов. В зависимости от диаметра фрезы  $D$ , ширины фрезерования  $B$ , глубины резания  $t$  в таблицах приводятся подачи на зуб  $s_z$ , скорость резания  $v$  и др.

#### **4.1.14.3. Приспособления для фрезерных станков с ЧПУ**

Как правило, на фрезерных станках с ЧПУ применяют упрощенные по конструкции приспособления. Однако для достижения высокой точности обработки и производительности к ним предъявляются повышенные требования по точности и жесткости по сравнению с аналогичными требованиями, предъявляемыми универсальными станками.

Станки с ЧПУ позволяют с одной установки заготовки в одном приспособлении при одной настройке осуществить большое количество переходов, связанных с обработкой различных поверхностей. Для этого необходимо, чтобы установочные элементы и зажимные устройства приспособления не препятствовали подходу режущего инструмента ко всем обрабатываемым поверхностям. Заготовки должны иметь поверхности, обеспечивающие точность базирования и надежность закрепления, а также удобные места для приложения сил зажима. При отсутствии надежных установочных баз и мест крепления необходимо предусматривать наличие технологических платиков, бобышек, отверстий и т. д.

Относительное перемещение инструмента и заготовки на станках с ЧПУ происходит в установленной системе координат по заданной программе, поэтому приспособление должно ориентировать заготовку относительно начала координат системы, для чего оно, в свою очередь, должно быть установлено на столе станка в определенном положении относительно начала координат. В столах фрезерных станков с ЧПУ предусмотрены поперечные пазы или центральное отверстие. На столах с поперечными пазами приспособления базируются при помощи трех призматических или круглых шпонок, на столах с отверстием – посредством двух штырей или штыря и шпонки. На столы станков, не имеющих указанных базовых элементов, устанавливают и жестко закрепляют специальные переходные плиты с пазами или координатны-



**Рис. 4.26. Универсальные зажимные устройства:**  
 а – опоры ступенчатые для прихватов; б – подпорки винтовые;  
 в – угольники; г – распорки винтовые; д – прихваты передвижные  
 вилкообразные; е – прихваты изогнутые универсальные;  
 ж – прихваты передвижные ступенчатые; з – прихваты корытообразные;  
 и, к – упоры плиточные

ми отверстиями, точно согласованными с координатной системой станка.

Для закрепления заготовок на столах станков с ЧПУ применяют универсальные зажимные элементы (рис. 4.26).

Однако наибольший эффект достигается при использовании для этих целей быстропереналаживаемых универсальных зажимных устройств. Так как переналадка приспособлений на станках с ЧПУ требует много времени, а партии обрабатываемых деталей невелики, то сокращение времени переналадки зажимных устройств резко повышает эффективность использования этих станков.

Быстропереналаживаемое зажимное устройство со ступенчатой подставкой (рис. 4.27, а) состоит из прихвата 5, болта 3 и гайки 4. Прихват опирается на ступенчатую подставку 1 через ролик 2 и регулируется по высоте перестановкой ролика по ступенчатым полуцилиндрическим пазам подставки.

Широкое распространение при обработке на станках с ЧПУ находят универсально-сборочные приспособления (УСП). На рис. 4.27, б показан универсальный прижим, входящий в один из комплектов УСП. Он состоит из прихвата

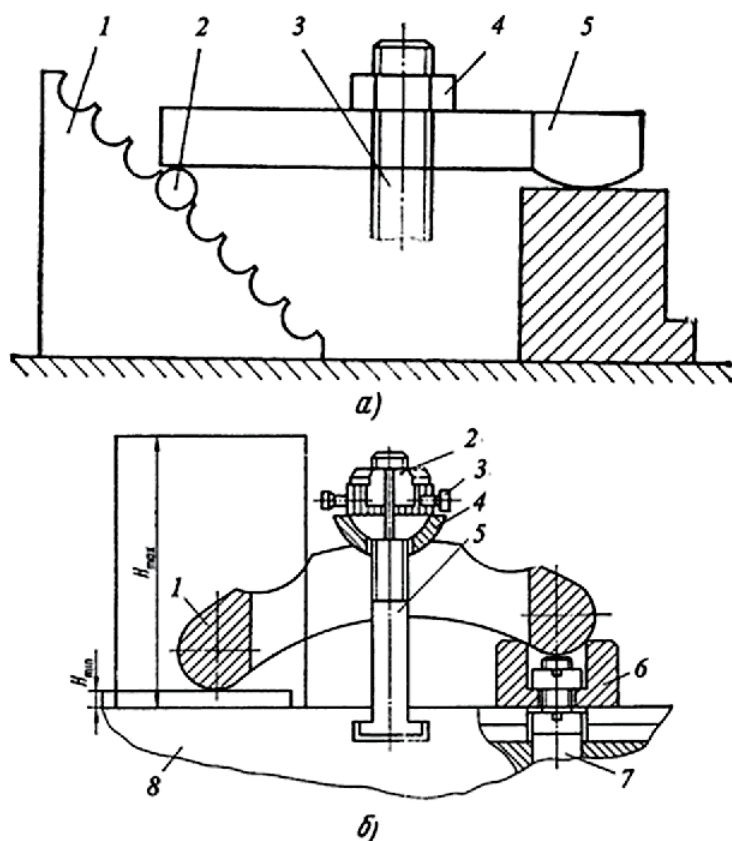


Рис. 4.27. Быстропереналаживаемые зажимные устройства:  
 а – со ступенчатой подставкой; б – с зажимом гидроцилиндром

1 с тремя выемками под сферическую шайбу 4, разжимной гайки 2 и опоры 6, закрепляемой на установочной поверхности гидроблока 8. Закрепление обрабатываемой заготовки осуществляется прихватом. При движении штока 7 гидроцилиндра поворачивает прихват относительно сферической шайбы. Для быстрого съема гайки при переналадке прижима нажимают двумя пальцами на штыри 3, в результате чего половинки гайки раздвигаются, и она легко снимается с болта 5.

#### 4.1.15. Режущий инструмент и приспособления для сверлильных и расточных станков с ЧПУ

##### 4.1.15.1. Режущий инструмент

На сверлильных и расточных станках с ЧПУ применяются различные виды режущих инструментов: сверла, зенкеры, развертки, метчики, зенковки, расточные оправки и т. д. В зависимости от материала режущей части все эти инструменты делятся на быстрорежущие и твердосплавные, в зависимости от конструкции – на цельные и сборные, в зависимости от выполняемых операций – на обычные и комбинированные.

Спиральные быстрорежущие сверла могут иметь цилиндрический или конический хвостовик. Спиральные быстрорежущие сверла с цилиндрическим хвостовиком выпускаются короткими, средними и длинными. Причем все эти сверла бывают с поводком и без поводка. Спиральные быстрорежущие сверла с коническим хвостовиком выпускаются сверхкороткими и удлиненными. Спиральные быстрорежущие сверла с цилиндрическим хвостовиком предназначены для сверления отверстий диаметром от 1 до 20 мм, а с коническим хвостовиком – свыше 5 мм.

Сборные перовые сверла наиболее эффективны при сверлении отверстий диаметром свыше 25-30 мм (рис. 4.28).

Унифицированное сборное перовое сверло (рис. 4.28) состоит из трех элементов: сменного режущего пластинчатого ножа 1, державки 2 и крепежного винта 3. В таких сверлах применяются ножи нескольких видов: для сверления, для растачивания и цековки, для центrovания и образования фаски. Предусмотрены различные варианты хвостовой части: с внут-

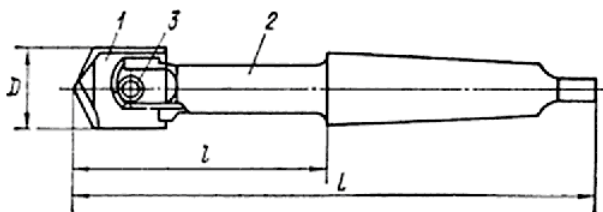
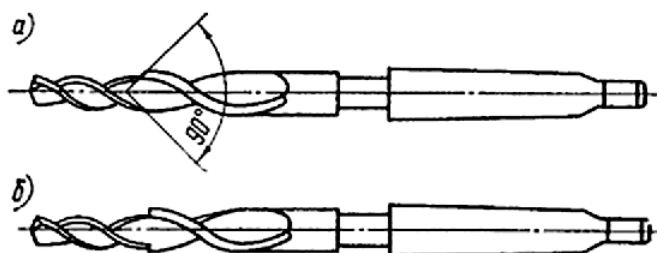


Рис. 4.28. Конструкция сборного перового сверла



**Рис. 4.29.** Типы спиральных комбинированных ступенчатых сверл:  
а – для сверления отверстий под резьбу от М6 до М27 и снятия фаски;  
б – для сверления сквозных отверстий под резьбу от М5 до М24  
и рассверливания под головки винтов

ренним подводом СОЖ, с цилиндрическим регулируемым хвостовиком и с конусом 7/24.

По сравнению с универсальными спиральными сверлами они имеют ряд преимуществ, основным из которых является более низкая стоимость эксплуатации в расчете на единицу длины отверстия. Это обеспечивается благодаря использованию сменных режущих пластинчатых ножей, которые позволяют резко сократить расход быстрорежущей стали.

Спиральные комбинированные ступенчатые сверла используют для обработки отверстий под резьбу. Применение таких сверл на станках с ЧПУ обеспечивает совмещение сверления и рассверливания, а в ряде случаев и исключение предварительного центrovания, благодаря чему сокращаются потери времени на вспомогательные перемещения рабочих органов станка и смену инструмента.

Получили распространение два типа сверл: для сверления отверстий под резьбу от М6 до М27 и снятия фаски (рис. 4.29, а) и для сверления сквозных отверстий под резьбу от М5 до М24 и рассверливания под головки винтов (рис. 4.29, б).

Центровочные сверла выпускаются двух типов: комбинированные (рис. 4.30, а) и перовые (рис. 4.30, б). К ним предъявляются высокие требования: так, например, биение режущих кромок относительно оси корпуса не должно превышать 0,02 мм для сверл диаметром до 3 мм и 0,03 мм – для сверл диаметром свыше 3 мм.

Развертки используются для окончательной обработки отверстий. Быстрорежущие развертки применяются для развер-



тывания отверстий 5-7-го квалитетов и бывают цельными и насадными. Цельные развертки (рис. 4.31, а) применяются для обработки отверстий диаметром 10-32 мм, а насадные (рис. 4.31, б) – для обработки отверстий диаметром 25-50 мм. Радиальное биение цилиндрических ленточек не должно превышать 0,01 мм.

Твердосплавные развертки применяются двух типов: цельные (рис. 4.32, а) диаметром 10-32 мм и регулируемые (рис. 4.32, б) диаметром 10-40 мм. Для обработки отверстий с по-

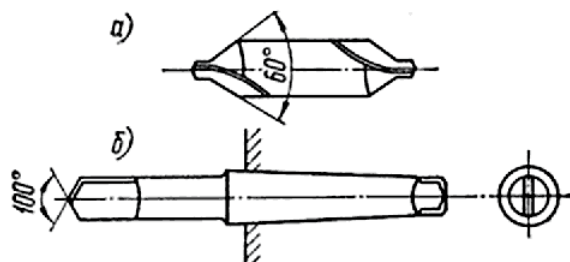


Рис. 4.30. Типы центровочных сверл для зацентровки отверстий:  
а – комбинированные; б – алмазные

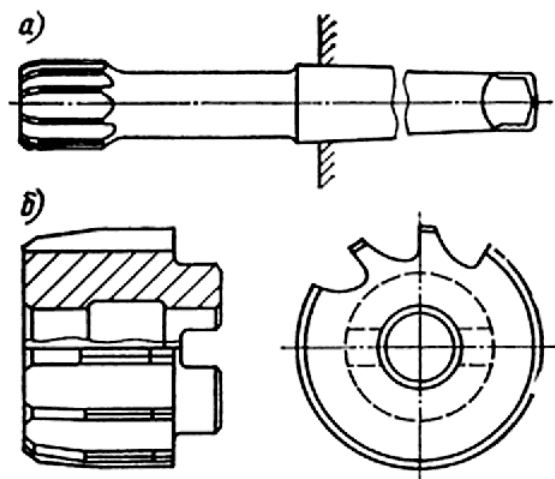
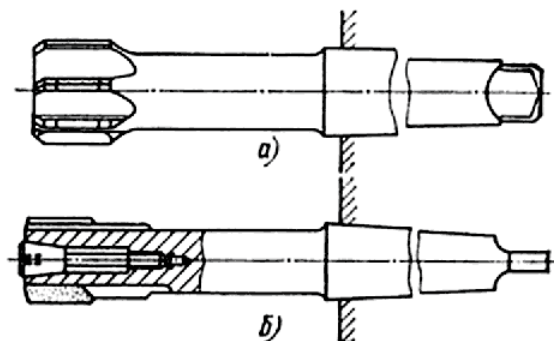


Рис. 4.31. Типы разверток из быстрорежущей стали:  
а – цельные для обработки отверстий диаметром 10-32 мм;  
б – насадные для обработки отверстий диаметром 25-50 мм



**Рис. 4.32. Типы твердосплавных разверток:**  
а – цельные диаметром 10-32 мм; б – регулируемые диаметром 10-40 мм

вышенными требованиями к прямолинейности применяются однолезвийные развертки.

Метчики служат для нарезания резьбы в подготовленных для этого отверстиях.

На станках с ЧПУ применяются метчики из быстрорежущей стали с винтовыми канавками для нарезания резьбы в глухих отверстиях и с прямыми канавками для нарезания резьбы в глухих и сквозных отверстиях.

#### 4.1.15.2. Настройка инструментов на размер

Инструменты, используемые на станках с автоматической сменой режущего инструмента, необходимо заранее настраивать на требуемый размер. Для этих целей используются различные конструкции устройств и приспособлений. Одни из них работают по принципу определения базовой длины с помощью индикатора и мерных плиток, а другие с применением мерных плиток, микрометрических инструментов и визира микроскопа.

#### 4.1.15.3. Приспособления для сверлильных и расточных станков

На сверлильных станках с ЧПУ обычно применяют несложные приспособления с базированием деталей по трем взаимно перпендикулярным плоскостям. В простейшем случае (рис. 4.33)

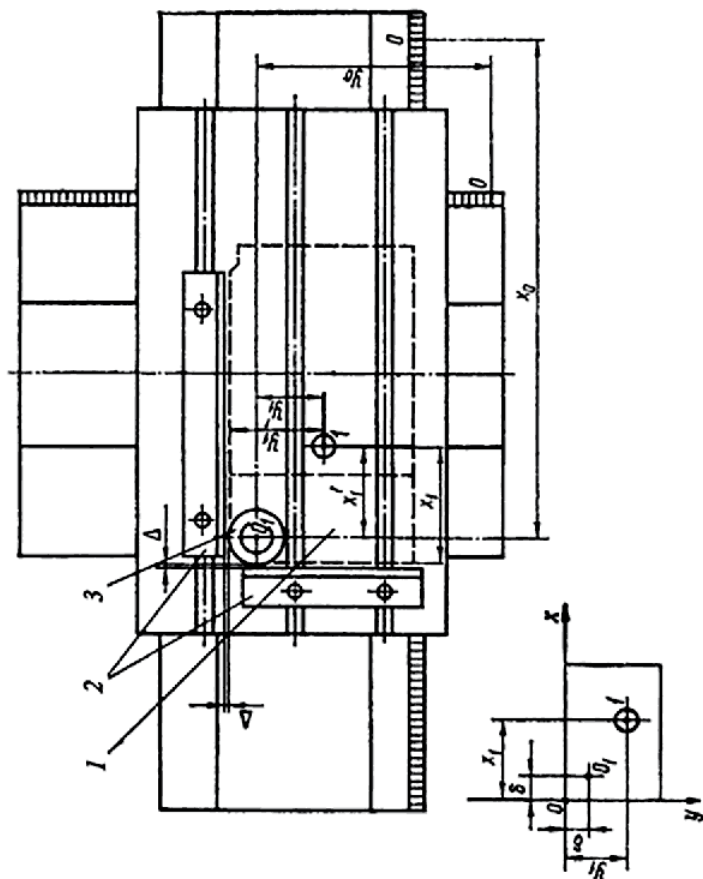


Рис. 4.33. Схема установки стола сверлильного станка в исходное положение

базирование детали 1 осуществляется на плоскость стола и по двум закрепленным на столе станка планкам 2.

В конус шпинделя станка устанавливается оправка 3 диаметром  $D$ . Относительно этой оправки при настройке выверяют положение стола (по планкам 2). Найденное (т.  $O_1$ ) таким образом положение оси шпинделя принимают за исходное. Отсчетная система станка позволяет определить координаты  $X_0$  и  $Y_0$  этой начальной точки  $O_1$  от абсолютного нуля станка.

Перед выполнением программы обработки на пульте УП отдельно по каждой координате набирают значения величины смещения нуля отсчета (координаты  $X_0$  и  $Y_0$ ), которые автоматически вводятся в программу при считывании подготовительной функции смещения нуля. В результате при работе станка начало отсчета смещается в точку  $O_1$  с координатами  $X_0$  и  $Y_0$ . Так как размеры отверстий в детали обычно заданы от базовых плоскостей (исходная точка  $O$ , рис. 4.33), а за исходную в действительности принята точка  $O_1$ , то координаты  $X'_1$  и  $Y'_1$  оси первого обрабатываемого отверстия будут меньше заданных расстояний  $X_1$  и  $Y_1$  на величину

$$\delta = D/2 - \Delta,$$

где  $D$  – диаметр основания оправки, а  $\Delta$  – толщина щупа, используемого при настройке.

Это отличие в координатах первого обрабатываемого по программе отверстия следует учесть введением коррекции по соответствующим осям на величину  $\delta$ . При обработке следующих отверстий смещение нуля отсчета уже не сказывается, так как перемещение стола осуществляется в приращениях по координатам.

Обработка отверстий на сверлильных станках с ЧПУ производится без кондукторов, предварительной разметки и кернения отверстий. Однако для повышения точности расположения осей отверстий необходимо перед сверлением производить их центрование короткими спиральными сверлами с углом при вершине  $90^\circ$  или центровочными комбинированными сверлами диаметром 4-8 мм.

Для обработки отверстий в деталях типа крышек, фланцев, дисков и т. п. часто используются патроны, которые монтируются определенным образом. В приспособлении, показанном

на рис. 4.34, два трехкулачковых самоцентрирующих патрона 2 повышенной точности закреплены с помощью переходных фланцев 4 на плите 3.

Привод каждого патрона – индивидуальный от пневмоцилиндра 1 двустороннего действия. Шток-рейка 8 пневмоцилиндра, перемещаясь в направляющей втулке 7, приводит во вращение колесо-полумуфту 9, свободно сидящую на валу 6 и связанную с полумуфтой 10. Вращение от последней через шлицевое соединение сообщается валу 6, который через переходную втулку 5 приводит в движение кулачки, зажимающие или освобождающие деталь в зависимости от направле-

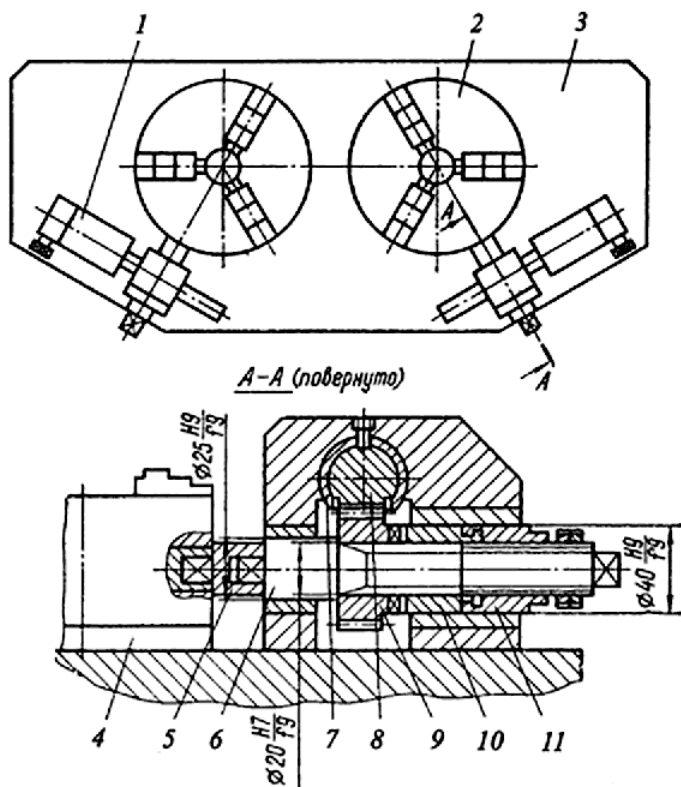


Рис. 4.34. Приспособление для обработки отверстий в деталях типа крышек, фланцев, дисков и др.

ния движения штока-рейки. Для настройки приспособления на необходимый размер вращают съемной рукояткой втулку 11, которая при этом перемещается вдоль оси вала 6. Приспособление технологично и просто в обслуживании.

#### **4.1.16. Точность обработки и выбор технологических баз**

Конструктивные особенности станков с ЧПУ, специфика проектирования для них технологических процессов и управляющих программ обуславливают дополнительные погрешности обработки, не свойственные процессу изготовления деталей на станках с ручным управлением.

На станках с ЧПУ (по сравнению со станками с ручным управлением) удельный вес погрешностей, связанных с упругими деформациями замкнутой технологической системы инструмент-деталь, несколько меньше (не более 10%), а погрешностей, связанных с настройкой инструмента и приспособлений, существенно больше (до 60%).

Опыт эксплуатации станков с ЧПУ показывает, что параметры заданной точности обработки с точки зрения их обеспечения можно разделить на две группы: не связанные с точностью отсчета координатных перемещений рабочих органов станка (например, точность диаметральных размеров и геометрической формы отверстий и др.); связанные с точностью этого отсчета (например, точность расстояний между обрабатываемыми поверхностями, точность линейных размеров и др.).

Если методы получения параметров точности первой группы такие же, как на станках с ручным управлением, то методы получения параметров точности второй группы являются специальными, что связано с особенностями изготовления деталей на станках с ЧПУ.

Последовательность обработки деталей на этих станках (перемещение рабочих органов станка, обеспечение длины хода инструмента, позиционирование) осуществляется системой ЧПУ. Отсчет размеров при обработке ведется относительно координатной системы станка. В отличие от обработки деталей на станках с ручным управлением (когда точность размеров, как правило, выдерживается относительно базирующих поверхностей) при обработке на станках с ЧПУ точность раз-

меров выдерживается относительно начала отсчета координатной системы станка.

Поэтому для получения требуемых размеров деталей необходимо не только точно перемещать рабочие органы станка, но и точно согласовывать положение детали и инструмента в координатной системе станка. Отклонение от требуемого положения приводит к смещению всего обрабатываемого контура относительно технологических баз или ранее обработанных поверхностей. Отклонение от требуемого положения детали связано с погрешностями ее базирования, а также с погрешностями установки приспособления и др. Погрешность закрепления возникает при смещении заготовки в приспособлении или смещении приспособления с заготовкой в рабочей позиции под действием сил резания или зажима. Указанную погрешность на станках с ЧПУ уменьшают рациональным подбором конструкций и размеров опорных и установочных элементов приспособления и другими методами.

Погрешность установки приспособления на станке с ЧПУ играет важную роль, так как даже хорошо спроектированное и точно изготовленное приспособление при неправильной его установке существенно снижает точность обработки.

Перед обработкой первой детали в партии необходимо определить положение исполнительных поверхностей приспособления в координатной системе станка. Положение опорных и установочных элементов приспособления регулируется при размерной настройке станка. На станках с ЧПУ можно последовательно выполнять в одной операции большое число различных переходов, осуществляемых различными режущими инструментами. Специфика построения процесса обработки на станках с ЧПУ дает возможность использовать в полной мере принцип единства баз, позволяющий исключить или резко уменьшить влияние погрешности установки на точность размеров и относительное положение поверхностей, обработанных с одной установки.

На станке с ЧПУ различают три координатные системы:

- *координатная система станка* с началом координат в точке (называемой «нуль станка») с нулевыми значениями положения его рабочих органов; от этой точки отсчитываются перемещения рабочих органов по трем взаимно перпендикулярным осям координат;

- *координатная система детали* с началом координат в точке (называемой «нуль детали») с нулевыми значениями координат детали; относительно этой точки задаются размеры и положение поверхностей детали;

- *координатная система инструмента* с началом координат в точке (называемой «нуль обработки»), от которой начинается запрограммированное перемещение инструмента; координаты этой точки задаются относительно координатной системы детали.

Размерные связи между указанными координатными системами устанавливаются на этапах технологической подготовки и настройки станка. На этапе технологической подготовки помимо решения общих вопросов, связанных с разработкой технологического процесса, выбирают координатную систему детали и пересчитывают ее размеры, выбирают исходную точку обработки («нуль обработки») и составляют управляющую программу. Исходную точку обработки выбирают с учетом особенностей построения системы ЧПУ, схемы базирования и конструкции приспособления.

На станках с ЧПУ (так же, как и на станках с ручным управлением) в основном применяют два метода базирования корпусных деталей: по плоскости и двум контрольным отверстиям или по трем взаимно перпендикулярным плоскостям. В качестве приспособлений применяют плиты или приспособления-спутники, оснащенные универсальными опорными, установочными и зажимными элементами.

Исходную точку обработки выбирают так, чтобы координатные системы инструмента и детали совпадали, в результате чего совмещаются измерительная и технологическая базы. Исходную точку обработки по координатам  $X$  и  $Y$  задают, например, от боковых установочных элементов приспособления или от оси установочного цилиндрического пальца, или от оси отверстия, предусмотренного в приспособлении. По координате  $Z$  (ось шпинделя) исходную точку всегда задают над деталью. На основании принятой схемы базирования, конструкции приспособления и выбранной исходной точки обработки технолог-программист составляет управляющую программу.

На рис. 4.35 приведена схема размерных связей между координатными системами при обработке корпусной детали 1 на вертикальном расточном станке 2. Координаты програм-



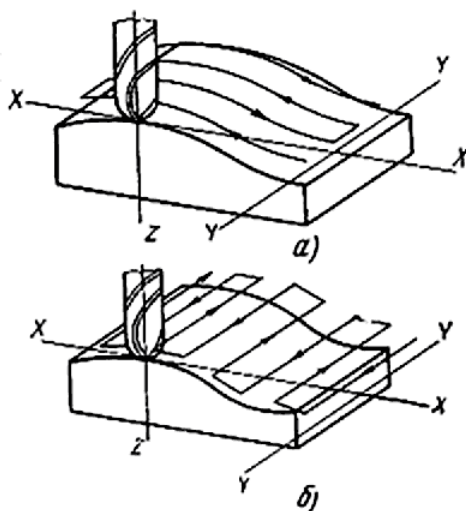


Таким образом, выбор технологических баз помимо их основного назначения (обеспечить наиболее точное и неизменяемое в процессе обработки положение обрабатываемых поверхностей детали относительно установочных и направляющих поверхностей зажимного приспособления) должен также обеспечить совмещение направления координатных осей детали с осями координатной системы станка и расположение «нуля детали» в точке, заданной координатами в системе станка.

Требование по совмещению направления указанных осей наиболее просто выполняется, когда направляющие базовые поверхности детали параллельны координатным осям относительной системы (это условие желательно выполнять).

Однако бывают случаи, когда для достижения меньшей сложности программирования становится оправданным назначение относительной координатной системы детали, не удовлетворяющей этому условию, что иллюстрируется рис. 4.36, на котором показана обработка участка поверхности штампа.

На рис. 4.36, а строчки обхода поверхности инструментом направлены вдоль оси X, а на рис. 4.36, б – вдоль оси Y относительной системы координат. Объем программирования (т. е.



**Рис. 4.36. Схема направления строчек обхода поверхности инструментом:**  
а – сложное программирование; б – облегченное программирование

объем расчетов по определению координат точек, задающих контур) значительно меньше при движении вдоль оси  $Y$ , так как на большей части своего пути инструмент совершает прямолинейные перемещения, в то время как при движении вдоль оси  $X$  большая часть пути инструмента – криволинейная.

В условиях серийного производства экономически целесообразно использовать при обработке деталей специальные приспособления. К таким приспособлениям предъявляются следующие требования: точно ориентировать деталь относительно координатной системы станка; облегчить установку начала отсчета детали в точку, координаты которой заданы программой; обеспечить быстрое и точное координирование инструмента с началом отсчета; быстро и надежно закреплять и освобождать деталь, не вызывая ее деформирования.

На рис. 4.37, а показана деталь-кулак, весь внешний контур которой обрабатывается. Для ориентирования детали используются торец и два отверстия внутри контура (конструктивное А и технологическое Б). Началом относительной координатной системы выбран центр конструктивного отверстия А, от оси которого в чертеже заданы размеры. На рис. 4.37, б показано зажимное приспособление, базируемое на столе станка с помощью двух шпонок 4. Чтобы установить инструмент сра-

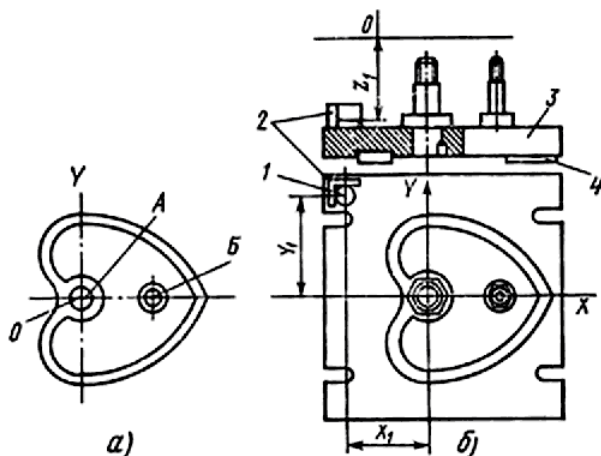


Рис. 4.37. Обрабатываемая деталь (а) и установочное приспособление (б)

зу в исходную точку 1, корпус 3 приспособления оснащен угловым установом 2, который позволяет с достаточной точностью установить его с помощью щупа, выдерживая координаты  $X_1$  и  $Y_1$ . Торец инструмента (концевой фрезы) также устанавливают под щуп (с помощью концевой меры или по шкале станка) от углового установка на координату  $Z_1$ . Положение торца инструмента на этом уровне соответствует нулю по оси  $Z$ .

Нуль отсчета по оси  $Z$  устанавливают следующим образом. Координату  $Z_1$  (рис. 4.37, б) устанавливают, исходя из начального и конечного положений торца фрезы, а также беспрепятственного холостого перемещения над деталью.

Шпиндель с инструментом ставят в положение, при котором торец фрезы коснется поверхности корпуса приспособления. В этом состоянии по измерительной линейке станка устанавливают координату по оси  $Z$  от начала отсчета станка, из полученной величины вычитают координату  $Z_1$  и в результате получают величину, на которую надо сместить начало отсчета.

Если обработка ведется на станке с автоматической сменой инструментов (например, с поворотной шпиндельной головкой), и технологическим процессом предусматривается применение нескольких инструментов, то при назначении координат точки начала отсчета («нуль детали») по осям  $X$  и  $Y$  расчет ведут по инструменту (фрезе) с наибольшим диаметром, а по оси  $Z$  – по инструменту с наибольшим вылетом от оси поворота головки (т. е. с наибольшей длиной).

Установка, базирование и назначение начала отсчета у деталей типа тел вращения имеют некоторые особенности.

Центры, самоцентрирующий патрон или цанговый зажим автоматически совмещают направление оси заготовки с координатной осью  $Z$ . Для определения местоположения начала отсчета необходимо иметь у заготовки базовый торец, который с достаточной точностью и постоянством ставил бы заготовку всегда на равном удалении от начала отсчета по оси  $Z$ .

На рис. 4.38, а изображена деталь-вал, технологической базой которой (помимо обработанной цилиндрической шейки  $\varnothing 20$  и центрального гнезда со стороны задней бабки) является торец Б. От этого торца на расстоянии  $(188 \pm 0,1)$  мм указана точка расположения «нуля детали». Необходимо также знать, на каком расстоянии от «нуля станка» по оси  $Z$  находится поверхность В кулачков патрона (рис. 4.38, б). Для вы-



полнения размера детали от базового торца в пределах заданного допуска надо на ее установку и на расположение относительно начала отсчета использовать не более половины допустимого отклонения.

Начало отсчета по оси X находится в зоне между максимальным диаметром заготовки и наибольшим допустимым диаметром обработки по паспортным данным станка.

На токарных станках с автоматической сменой инструментов, как правило, используют несколько позиций инструментальных головок. Целесообразно (но не обязательно), чтобы каждый из резцов занимал положение, при котором вершины режущих кромок находились как в одной плоскости, перпендикулярной оси Z, так и в одной плоскости, перпендикулярной оси X.

Однако, если по каким-либо технологическим или конструктивным условиям (например, конструктивные особенности профиля детали с глубокими шейками и т. п.) необходимо применение инструмента или инструментов с большим вылетом, чем у остальных, то здесь координату «нуля детали» назначают исходя из положения вершин режущих кромок резца с самым большим вылетом. Для выхода других инструментов на свои исходные позиции программой (технологическим процессом) предусматриваются отдельные холостые перемещения.

#### **4.1.17. Организация обслуживания, наладки и ремонта станков с ЧПУ при эксплуатации**

Почти все станки с ЧПУ являются конструктивно сложными устройствами со сложной электронной системой управления, работающими в автоматическом или полуавтоматическом режиме. Станки с ЧПУ устанавливают: 1) вместе с другим оборудованием; 2) на отдельных участках. Наибольший эффект станки с ЧПУ дают в том случае, когда из них создаются отдельные участки, обслуживаемые компетентной постоянной группой технологов, программистов, наладчиков и ремонтников. Это позволяет создать особо четкую систему их диагностики и настройки, обеспечения инструментами, приспособлениями и заготовками.

Ввиду высокой стоимости станков с ЧПУ необходимо свести к минимуму ситуации, которые могут вызвать аварийные

отказы оборудования. В случае аварийных отказов оборудования необходимо находить их источник, устранять причины, вызвавшие отказ оборудования и после этого приступать к ремонту и устранять поломки их в самые сжатые сроки. Выполнение этой задачи осложняется тем, что станок с ЧПУ имеет три сложные разнородные системы: механическую, гидравлическую, электронную. Соответственно, и ремонтные специалисты подразделяются на механиков, гидравликов и специалистов по электронике.

Для уменьшения аварийных поломок необходимо в строгом соответствии с графиком плановых ремонтов производить с участием специалистов и оператора осмотры, диагностику оборудования и предупредительные ремонты.

Наладить такую четкую работу по ремонту и контролю состояния оборудования с ЧПУ можно лишь при наличии на участке или в цехе ремонтной службы с компетентными специалистами. При большом числе станков с ЧПУ на заводе их надежный ремонт может быть обеспечен и централизованной ремонтной службой, но обязательно специально выделенными работниками.

Для подготовки технологических баз и других вспомогательных работ на участке станков с ЧПУ устанавливают один-два обычных станка для осуществления этих операций.

Для повышения производительности станков с ЧПУ на участке должно быть организован участок подготовки и настройки инструмента и обеспечена своевременная его доставка к станкам. Если обычная инструментальная кладовая цеха обслуживает ряд участков, то участок станков с ЧПУ обязательно должен иметь свое отделение подготовки инструмента, к которому предъявляются более высокие требования. В таком отделении хранится некоторый запас пригодного к эксплуатации инструмента, а также производится заточка, измерение, настройка инструмента, отработавшего на станках с ЧПУ. Инструмент для станков с ЧПУ должен иметь сопроводительную карту с данными замеров, на какой размер он настроен (токарные резцы, резцы в расточных оправках), или должен иметь паспорт с указанием фактических размеров (например, диаметр фрезы).

Станочные приспособления также необходимо хранить на подкладках или стеллажах в пределах участка станков с ЧПУ или в непосредственной близости от него. Приспособления

должны периодически проверяться и своевременно ремонтироваться.

С целью надежного обеспечения участка станков с ЧПУ заготовками и своевременного удаления готовых деталей или перемещения заготовок на последующие станки требуется четкая организация транспортно-складского хозяйства. Наиболее приемлемым в этом отношении является находящийся в непосредственной близости к участку стеллажный склад, обслуживаемый штабелером. На складе всегда должен храниться также запас заготовок. Проблема транспорта в каждом конкретном случае может решаться по-разному, однако при этом основным условием является бесперебойное обеспечение всех станков заготовками и своевременное удаление от них готовых деталей или частично обработанных заготовок, которые могут сразу подаваться на последующий станок или отправляться на склад.

Важным вопросом является также снижение времени на безопасную установку заготовок на станки и снятие готовых деталей, которые выполняются при неработающем станке. Для уменьшения этого времени и риска повредить станок при загрузке-выгрузке следует стремиться к применению полуавтоматических загрузочных устройств, обеспечивающих не только более быструю, но и более точную установку (базирование) заготовок на станке по сравнению с ручной загрузкой.

Режим работы станков с ЧПУ диктуется тем, что дорогостоящее оборудование должно использоваться с максимальной интенсивностью для ускорения его окупаемости и предотвращения опасности морального старения. Установлено, что станки с ЧПУ должны работать в две смены; третья смена используется для плановых осмотров, ремонтов, наладки и переналадки оборудования.

Наладка и переналадка станков с ЧПУ на обработку различных заготовок в зависимости от количества и состава станков могут производиться как операторами, работающими на станках, так и специальными наладчиками. В большинстве случаев эффективнее использовать наладчиков, работающих в третью смену, так как это исключает простои станков из-за переналадки.

Рабочее место оператора представляет собой отдельный производственный участок с одним или несколькими станками с ЧПУ, закрепленный за одним рабочим или за бригадой



СЛЕСАРНОЕ ДЕЛО. Механическая обработка деталей на станках

рабочих. Рациональная организация рабочего места повышает эффективность использования станков с ЧПУ и способствует выполнению работы на них с наименьшими затратами труда. Основными факторами, влияющими на организацию рабочего места, являются технологический процесс и организация производства, а также система обеспечения рабочего места заготовками, технической документацией, инструментом, приспособлениями и техническим обслуживанием оборудования с ЧПУ.

## **Глава 5**

# **КАЧЕСТВО ЗАТОЧКИ ИНСТРУМЕНТА И ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ**

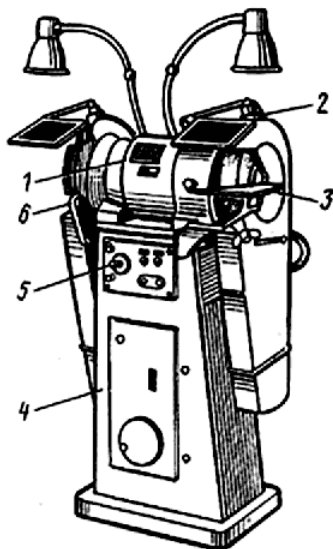
### **5.1. ПРОЦЕСС ЗАТОЧКИ ИНСТРУМЕНТА**

#### **5.1.1. Основные сведения**

В процессе выполнения работы появляется необходимость заточить затупившийся инструмент – разметочный инструмент, шаберы, зубила, токарные резцы, сверла, развертки, фрезы и т.д. Сложный инструмент (фрезы, метчики, развертки, зенкеры и т.п.) для заточки нуждается в специальной оснастке, которая устанавливается на специальном заточном станке, на котором работает соответствующей квалификации рабочий. Менее сложный инструмент (чертилки, зубила, шаберы, токарные резцы, сверла и т.п.) каждый специалист может заточить самостоятельно на универсальном заточном станке.

#### **5.1.2. Заточка на универсально-заточных станках**

Универсально-заточные (точильно-шлифовальные, точила) станки – это наиболее простые по конструкции заточные станки, применяемые для заточки инструмента вручную, а также для зачистки деталей. Для качественного выполнения этих операций используют несложные приспособления. В зависимости от назначения эти станки разделяют по размерам шлифовальных кругов на три группы: малые станки с кругами диаметром 100-175 мм, средние станки с кругами диаметром 200-350 мм, крупные станки с кругами диаметром 400 мм и более, используемые чаще как обдирочно-зачистные. На точильно-шлифовальном станке можно затачивать резец и сверло, выполнять мелкие слесарно-обдирочные и полировальные работы.



**Рис. 5.1. Точно-шлифовальный станок:**  
1 – шлифовальная головка; 2 – защитный экран; 3 – поворотный столик;  
4 – станина; 5 – панель управления; 6 – подручник

На рис. 5.1 показан точно-шлифовальный станок, мод. 3Б633, предназначенный для заточки инструмента вручную и состоящий из станины и шлифовальной головки со встроенным двухскоростным электродвигателем.

На выходящих концах вала ротора электродвигателя крепятся шлифовальные круги, которые закрываются кожухами с защитными экранами. Станок оснащен поворотным столиком или подручником для установки резца. В станине станка размещаются электрошкаф и панель управления.

Точно-шлифовальные станки в зависимости от назначения и по размерам шлифовальных кругов можно разделить на три группы: малые станки с кругами диаметром 100-175 мм для заточки мелкого инструмента; средние станки с кругами диаметром 200-350 мм для заточки основных типов резцов и другого инструмента; крупные с кругами диаметром 400 мм и более.

Обычно на точно-шлифовальном станке устанавливаются шлифовальные круги разных характеристик. Это позволя-

ет производить предварительную и окончательную заточку инструмента. Скорость шлифовального круга 30-35 м/с. Перед заточкой рабочая поверхность круга должна быть заправлена так, чтобы образующая круга была расположена параллельно оси вращения и была ровной без выступов и углублений.

Станки имеют столик или подручник, который поворачивают на нужный угол и закрепляют в непосредственной близости к кругу с зазором 3 мм, не более.

Следить за заточкой инструмента необходимо через экран.

Универсально-заточные станки широко применяют для заточки токарных резцов и сверл.

#### 5.1.2.1. Заточка токарных резцов

Резцы в зависимости от конструкции и характера износа затачивают по передней или задней поверхности, или по обеим поверхностям (рис. 5.2).

Токарные резцы являются наиболее распространенным инструментом, они применяются для обработки плоскостей, цилиндрических и фасонных поверхностей, нарезания резьбы и т. д. Элементы резца показаны на рис. 5.2.

Резец состоит из головки (рабочей части) и стержня, служащего для закрепления резца в резцедержателе. Передней поверхностью резца называют поверхность, по которой сходит стружка. Задними (главной и вспомогательной) называют поверхности, обращенные к обрабатываемой детали. Главная

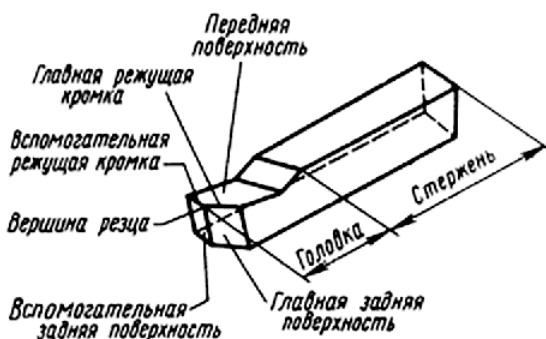


Рис. 5.2. Элементы резца

режущая кромка выполняет основную работу резания. Она образуется пересечением передней и главной задней поверхностей резца.

Вспомогательная режущая кромка образуется пересечением передней и вспомогательной задней поверхностей. Вершиной резца является место пересечения главной и вспомогательной режущих кромок.

Для определения углов резца установлены понятия: плоскость резания и основная плоскость. Плоскостью резания называют плоскость, касательную к поверхности резания и проходящую через главную режущую кромку резца (рис. 5.3).

Основной плоскостью называют плоскость, параллельную направлению продольной и поперечной подачи; она совпадает с нижней опорной поверхностью резца.

Углы резца разделяют на главные и вспомогательные (рис. 5.4).

Главные углы резца измеряют в главной секущей плоскости, т. е. плоскости, перпендикулярной проекции главной режущей кромки на основную плоскость.

Главным задним углом  $\alpha$  называется угол между главной задней поверхностью резца и плоскостью резания.

Углом заострения  $\beta$  называется угол между передней и главной задней поверхностями резца.

Главным передним углом  $\gamma$  называется угол между передней поверхностью резца и плоскостью, перпендикулярной

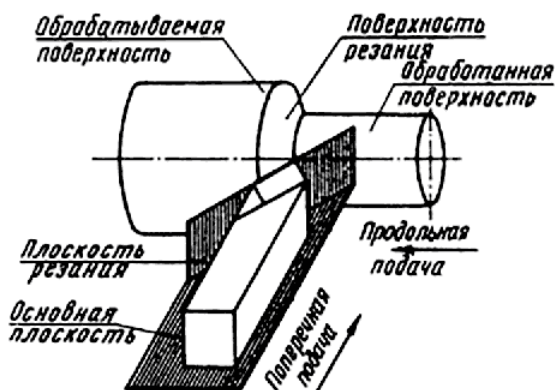


Рис. 5.3. Основные поверхности заготовки и условные плоскости для изучения геометрии резца

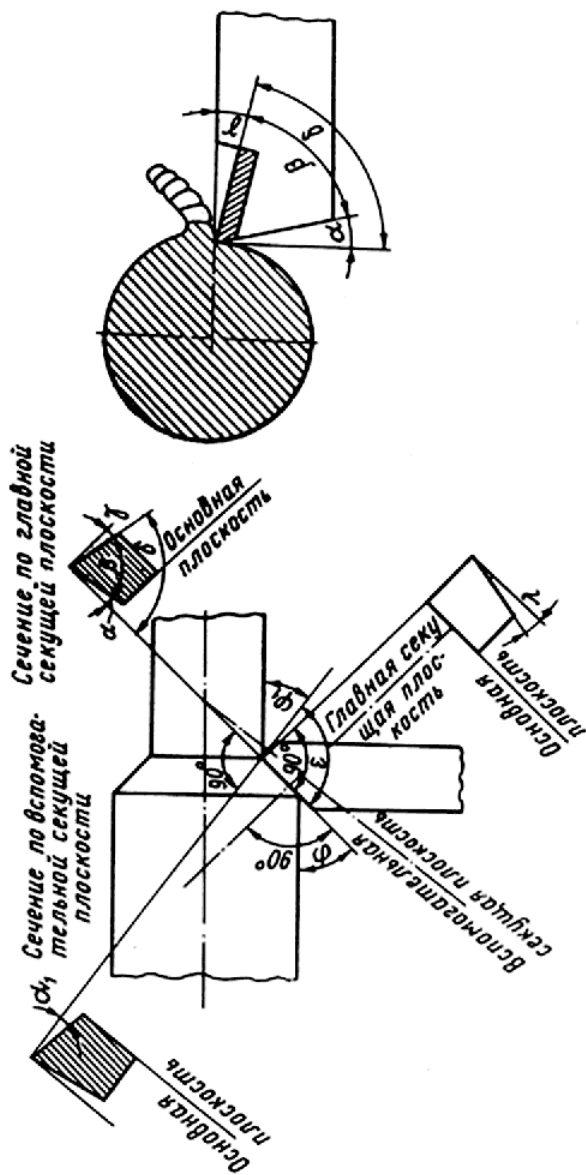


Рис. 5.4. Геометрия реза

плоскости резания и проходящей через главную режущую кромку резца. Сумма углов  $\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ$ .

Углом резания  $\delta$  называется угол между передней поверхностью резца и плоскостью резания.

Главным углом в плане  $\varphi$  называется угол между проекцией главной режущей кромки на основную плоскость и направлением подачи.

Вспомогательным углом в плане  $\varphi_1$  называется угол между проекцией вспомогательной режущей кромки на основную плоскость и направлением подачи.

Угол при вершине в плане  $\varepsilon$  – угол между проекциями главной и вспомогательной режущих кромок на основную плоскость.

Вспомогательным задним углом  $\alpha_1$  называется угол между вспомогательной задней поверхностью и плоскостью, проходящей через вспомогательную режущую кромку перпендикулярно основной плоскости.

Углом наклона главной режущей кромки  $\lambda$  называется угол между главной режущей кромкой и плоскостью, проходящей через вершину резца параллельно основной плоскости.

Резцы классифицируются:

- по направлению подачи – на правые и левые (правые резцы на токарном станке работают при подаче справа налево, т. е. перемещаются к передней бабке станка);
- по конструкции головки – на прямые, отогнутые и оттянутые;
- по роду материала – из быстрорежущей стали, твердого сплава и т. д.;
- по способу изготовления – на цельные и составные (при использовании дорогостоящих режущих материалов резцы изготавливают составными: головка – из инструментального материала, а стержень – из конструкционной углеродистой стали; наибольшее распространение получили составные резцы с пластинами из твердого сплава, которые припаиваются или крепятся механически);
- по сечению стержня – на прямоугольные, круглые и квадратные;
- по виду обработки – на проходные, подрезные, отрезные, прорезные, расточные, фасонные, резьбонарезные и др.

Стандартные резцы с пластинками из твердого сплава или быстрорежущей стали наиболее часто затачивают по всем

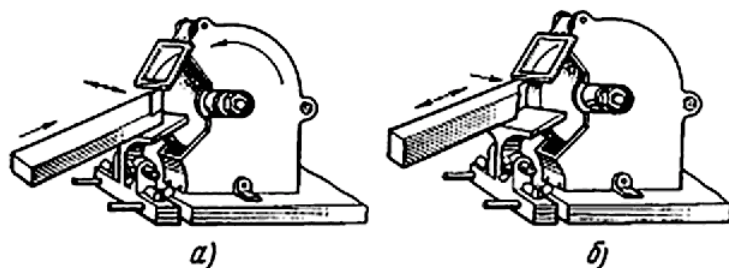


Рис. 5.5. Заточка резцов на точно-шлифовальном станке:  
а – по задней поверхности; б – по передней поверхности

режущим поверхностям. В ряде случаев при незначительном износе резцов по передней поверхности рационально затачивать их только по задней поверхности.

При заточке на точно-шлифовальных станках резец устанавливают на поворотный столик или подручник и, не отрывая резец от поверхности столика, аккуратно вручную прижимают резец обрабатываемой поверхностью к шлифовальному кругу и, сохраняя его ориентацию, перемещают по столику параллельно образующей круга (рис. 5.5).

При заточке резца по задним поверхностям столик или подручник поворачивают на заданный задний угол и закрепляют в непосредственной близости к кругу с зазором 3 мм, не более. Резец устанавливают на столике или подручнике так, чтобы режущая кромка располагалась параллельно рабочей поверхности круга. Переднюю поверхность резца чаще всего затачивают боковой поверхностью круга, при этом резец устанавливают на подручнике боковой поверхностью. Переднюю поверхность можно затачивать и периферией круга, однако этот способ менее удобен. Резцы из быстрорежущей стали затачивают сначала по передней поверхности, затем – по главной и вспомогательной задним поверхностям. При заточке твердосплавных резцов применяется такой же порядок операций, но предварительно необходимо обработать задние поверхности стержня под углом на 2-3° большим, чем угол заточки на пластине твердого сплава.

Качество заточки зависит от квалификации рабочего, производящего заточку, и характеристики шлифовального круга. С увеличением усилия прижима инструмента к шлифоваль-



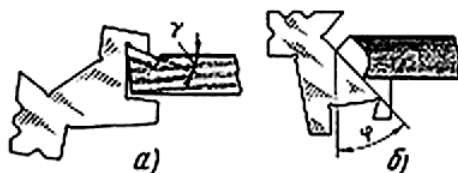


Рис. 5.6. Измерение шаблонами углов реза:  
а – переднего; б – главного в плане

ному кругу возрастает производительность труда, но одновременно появляется опасность возникновения прижогов и трещин. Обычно усилие прижима не превышает 20-30 Н.

Для устранения неровностей резцы после заточки обычно доводятся алмазным шлифовальным кругом или чугунными дисками (с применением абразивных паст). Скорость чугунного диска – 1-1,5 м/с. Резец доводится по главной задней и передней поверхностям, вспомогательная задняя поверхность не доводится.

Правильность заточки резца проверяют шаблонами (рис. 5.6) и приборами для измерения углов.

### 5.1.2.2. Заточка сверл

Сверло затачивают по задней поверхности, для чего прижимают его к шлифовальному кругу и одновременно поворачивают, как показано на рис. 5.7.

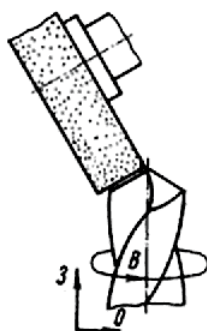
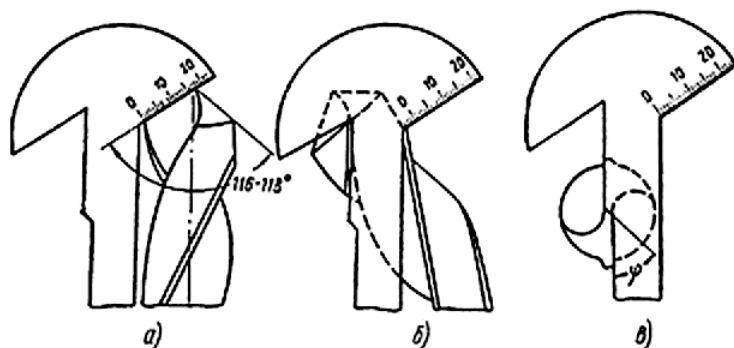


Рис. 5.7. Заточка сверла по задней поверхности:  
В – вращение сверла; О – осциллирование; З – затылование



**Рис. 5.8. Проверка правильности заточки сверл:**  
 а – длины и угла наклона режущей кромки; б – задней поверхности;  
 в – угла наклона поперечной кромки

Целесообразно сначала затачивать поверхность около режущей кромки, а затем – поверхность, расположенную под большим задним углом. У твердосплавных сверл сначала затачивают пластину, а затем корпус сверла.

Затачивание вручную (при определенном навыке) обеспечивает равенство двух режущих кромок сверла по длине, равенство углов  $\phi$ , а также постоянство заднего угла по всей длине режущего зуба.

У поперечной кромки сверла отрицательные передние углы, поэтому она не режет, а скоблит металл.

Для уменьшения вредного влияния поперечной кромки, проявляющегося в большом сопротивлении подаче, у сверл диаметром более 15 мм поперечную кромку подтачивают на круге малого диаметра.

Углы сверла измеряют с помощью универсального угломера или шаблона (рис. 5.8).

После заточки задней поверхности режущие кромки сверла должны быть прямолинейными. Правильно заточенное сверло должно иметь равную длину режущих кромок и равные углы заточки. В противном случае отверстие получается увеличенного диаметра и с искривленной осью, а режущие кромки быстро затупляются.

Симметричность заточки задних поверхностей означает, что задняя поверхность одного зуба (пера) после поворота вокруг

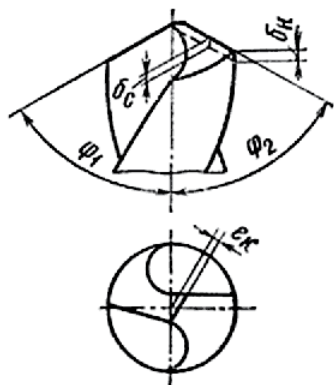


Рис. 5.9. Параметры, характеризующие несимметричность заточки сверл

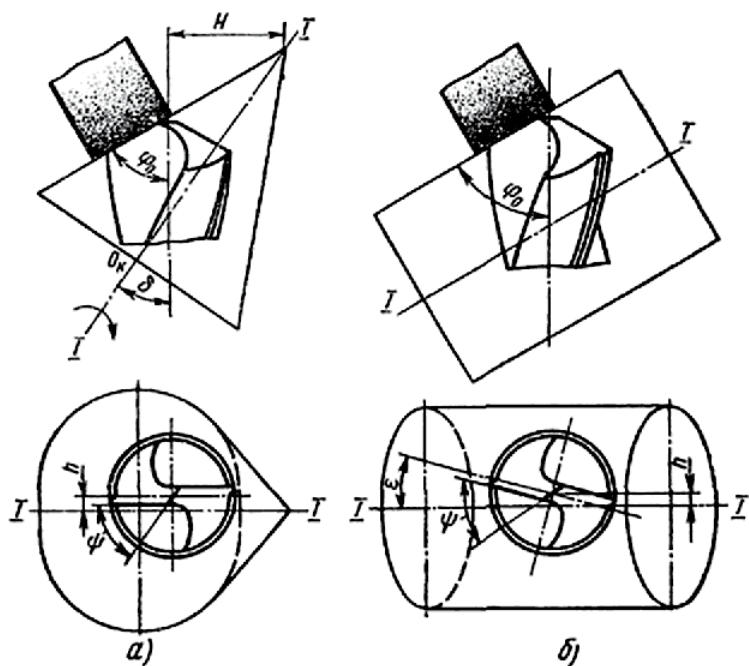


Рис. 5.10. Коническая (а) и цилиндрическая (б) заточка сверла

оси сверла на  $180^\circ$  полностью совпадает с задней поверхностью другого зуба.

При точном изготовлении канавок симметричность заточки оценивается по параметрам расположения главных кромок в одном из следующих сочетаний (рис. 5.9): разность углов  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$  и отклонение от центра поперечной кромки  $e_k$ ; осевое биение периферийных точек главных кромок  $b_n$  и отклонение от центра поперечной кромки  $e_k$ ; осевое биение в средних точках главных кромок  $b_c$ .

Сверла диаметром более 6 мм часто затачивают с двойной заточкой и подточкой поперечной кромки. Иногда подтачивают переднюю поверхность канавок и заднюю поверхность ленточек.

При конической заточке (рис. 5.10, а) задняя поверхность каждого зуба оформляется как часть конуса. При заточке сверло покачивается вокруг оси, скрещивающейся с осью сверла.

Параметры конической заточки:  $h$  – расстояние между осью сверла и осью качания (с увеличением  $h$  возрастает задний угол  $\alpha$ );  $H$  – расстояние между вершиной конуса заточки и осью сверла;  $\epsilon$  – угол разворота сверла;  $\varphi_0$  – угол установки сверла, измеряемый между осью сверла и плоскостью шлифовального круга. Угол установки всегда несколько меньше, чем  $\varphi$  – половина угла сверла при вершине.

$\alpha$  – угол, полученный в плоскости сечения цилиндром вращения конуса, образованного главной режущей кромкой (с углом  $2\varphi$  при вершине), и касательной к задней поверхности сверла из точки пересечения конуса и цилиндра. Ось цилиндра совпадает с осью сверла.

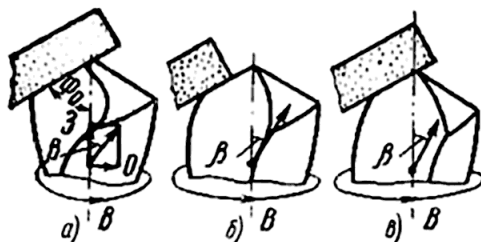


Рис. 5.11. Винтовая заточка сверла:

- а – начальное положение; б – конечное положение при заточке с заострением;
- в – конечное положение при заточке без заострения;
- З – затылование; О – осцилляция; В – вращение сверла

Цилиндрическая заточка (рис. 5.10, б) является частным случаем конической, когда угол при вершине конуса равен нулю.

При винтовой заточке (рис. 5.11) сверло вращается вокруг своей оси и перемещается под некоторым углом  $\beta$  к ней при неизменном угле  $\varphi_0$ . Поступательное перемещение под углом к оси сверла обычно получают сложением двух движений: затылования и осцилляции.

При винтовой заточке с заострением в начальный момент заточки ось сверла не выходит из контакта со шлифовальным кругом, а в конечный – находится за пределами угловой кромки круга, которая производит заострение поперечной кромки сверла.

При винтовой заточке без заострения ось сверла никогда не выходит за пределы угловой кромки круга. Деление осуществляется кинематически за счет того, что на каждый оборот сверла приходится два цикла возвратно-поступательных движений.

При сложно-винтовой заточке (рис. 5.12) сверло вращается вокруг своей оси, перемещается вдоль нее и покачивается вокруг оси, перпендикулярной оси сверла. Угол  $\varphi_0$  между осью сверла и плоскостью шлифовального круга в ходе заточки постепенно уменьшается на  $4-6^\circ$ .

Это облегчает формирование поперечной кромки, улучшает спад задней поверхности. На каждый оборот сверла приходится два цикла движений затылования и поворота, т. е. обес-

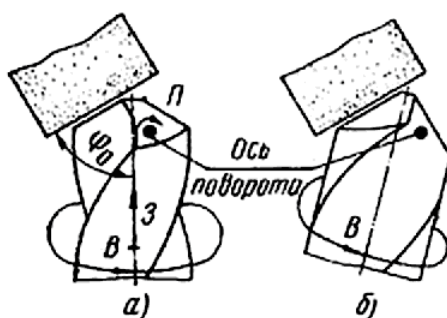


Рис. 5.12. Сложно-винтовая заточка сверла:  
 а – начальное положение; б – конечное положение;  
 З – затылование; П – поворот; В – вращение

печивается кинематическое деление. При винтовой и сложной винтовой заточке большему ходу затылования соответствует больший задний угол.

Сверла затачивают, не доводя режущие кромки до полного затупления, о котором судят по звуку, напоминающему свист. Затачивают их на заточных станках, обычных станках с приспособлением или вручную.

При заточке вручную сверло держат левой рукой за рабочую часть возможно ближе к режущим кромкам, а правой – за хвостовик. Прижимая режущую кромку сверла к боковой поверхности круга, плавным движением правой руки покачивают сверло, добиваясь, чтобы его задняя поверхность получила правильный наклон и приняла надлежащую форму.

Существуют различные формы заточки сверл (рис. 5.13).

В некоторых из них улучшают (подтачивают) поперечную кромку и ленточку. При нормальной (одинарной) заточке на режущей части сверла получают одну поперечную и две режущие кромки (рис. 5.13, а), при двойной – одну поперечную и четыре режущие кромки в виде ломаных линий (рис. 5.13, б).

Подточкой уменьшают длину поперечной кромки по мере стачивания режущей части сверла, без подточки эта длина постепенно возрастает. Подточкой уменьшают и ширину ленточки у режущей части сверла.

**Дефекты**, которые могут получаться при ручной заточке сверл, и их влияние на качество сверления:

1. Длина режущих кромок не одинакова, середина поперечной кромки не совпадает с осью сверла. Сверло отклоняется в сторону от оси вращения  $aa$  в положение  $bb$ , отверстие получается большего диаметра по сравнению с диаметром сверла. Сверло бьет и может сломаться.

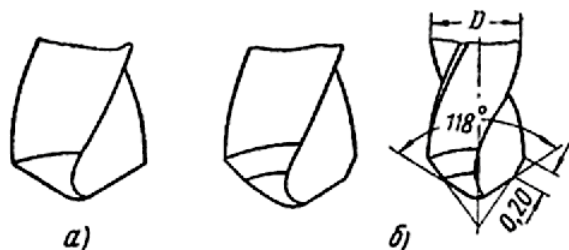


Рис. 5.13. Виды заточки сверл:  
а – одинарная (нормальная), б – двойная

2. Режущие кромки заточены под различными углами к оси сверла, но середина поперечной кромки совпадает с осью сверла. Стружку снимает только одна кромка сверла. Под влиянием односторонней нагрузки режущей кромки сверло отклоняется в сторону, в результате чего диаметр отверстия увеличивается.

3. Режущие кромки не равны по длине и имеют разный наклон к оси сверла. Влияние на точность сверления, так как середина поперечной кромки смещается от оси сверла, и сверло вращается около смещенной оси.

### 5.1.2.3. Правила безопасности при заточке инструмента

Перед тем как приступить к заточке инструмента, необходимо убедиться в полной исправности всех механизмов и устройств заточного станка, в том числе в исправности и закреплении кругов и их кожухов.

Особое внимание должно быть обращено на кожух круга. Угол раскрытия кожуха для точильно-шлифовальных станков не должен превышать  $90^\circ$ , причем угол раскрытия по отношению к горизонтальной линии не должен превышать  $65^\circ$  (рис. 5.14).

Зазор между подручником и шлифовальным кругом не должен быть более 3 мм. Подручник по высоте устанавливают так, чтобы точка касания затачиваемой поверхности инструмента о поверхность круга находилась на уровне оси шпинделя станка или несколько выше, но не более 10 мм.

Направление вращения круга должно быть таким, чтобы инструмент прижимался к подручнику и искры летели вниз. Это правило должно соблюдаться при заточке и доводке всех видов инструмента.

Заточку инструмента необходимо выполнять в защитных очках или при опущенном защитном экране станка.

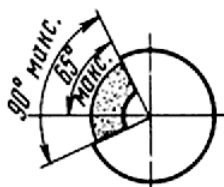


Рис. 5.14. Углы раскрытия кожуха шлифовального круга

### **5.1.3. Заточка инструмента на специализированных станках**

Режущий инструмент затачивают на универсальных и специализированных станках. На универсальных станках можно затачивать различные инструменты более качественно и производительнее, чем на точильно-шлифовальных станках.

Для затачивания разных видов режущего инструмента на универсально-заточных станках применяют различные виды специальных приспособлений.

К специализированным относятся станки, предназначенные для заточки одного вида режущего инструмента: сверл, резцов, червячных фрез и т. д. Специализированные заточные станки высокопроизводительны и обеспечивают более точную обработку, однако имеют сложную настройку.

#### **5.1.3.1. Универсально-заточной станок**

Это основной тип оборудования, используемого для заточки многолезвийного инструмента: зенкеров, разверток, фрез, долбяков и метчиков. Можно затачивать также резцы, червячные фрезы, зуборезные головки и протяжки. Эти станки могут выполнять круглошлифовальные, внутришлифовальные и плоскошлифовальные работы с использованием абразивных, алмазных и эльборовых кругов. Станки оснащены оптикой для наблюдения за процессом заточки и для измерения линейных и угловых параметров, выполняемых при заточке инструмента.

Затачиваемый инструмент с помощью различных приспособлений закрепляют на столе станка, который получает продольные и поперечные перемещения, относительно шлифовальной головки. В универсально-заточных станках для перемещений используют в основном механические передачи с электрическим или гидравлическим приводом.

Станки мод. ЗМ642 и другие этого назначения имеют жесткую конструкцию и позволяют производить заточку и доводку инструмента с высокой точностью. Станки моделей с индексом Е имеют гидрофицированный привод. Расположение основных частей станка модели ЗМ642Е показано на рис. 5.15. На верхней части станины 1 коробчатой формы имеется емкость для сбора и слива охлаждающей жидкости в бак охлаждения 15 и закреплено основание стола 4, по направляющим



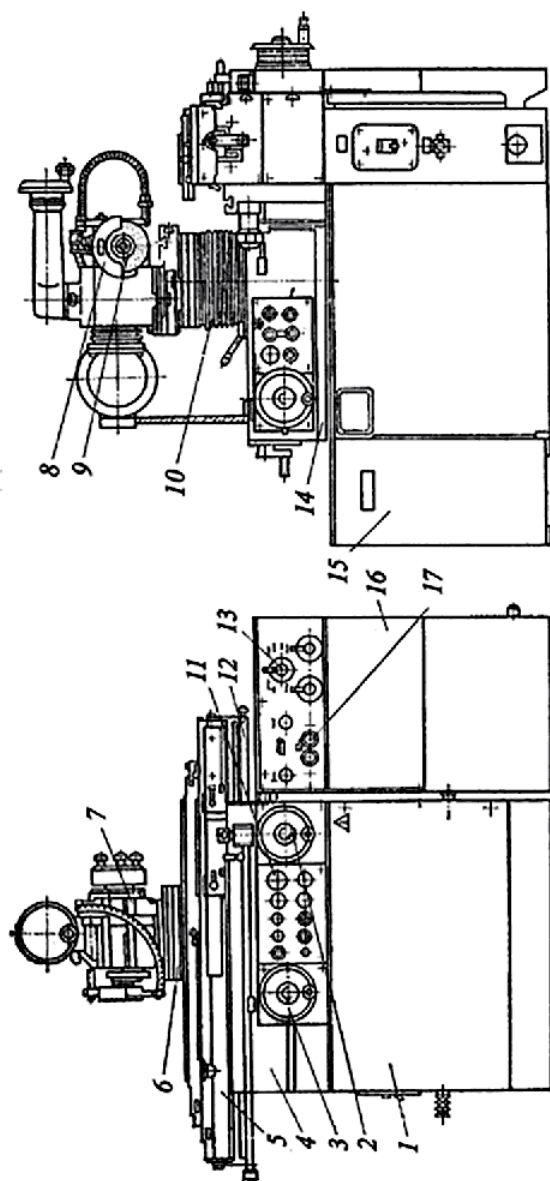


Рис. 5.15. Универсально-заточной станок мод. 3М642

которого происходит продольное перемещение стола 5 с помощью гидроцилиндра 12, который находится внутри корпуса основания стола 4. Гидропривод соединен с гидростанцией 16 с краном управления 13 и самостоятельным электрооборудованием гидроагрегата 17. Для продольного перемещения стола 5 при работе с рабочего места предназначен маховик 2, обеспечивающий ускоренное и замедленное перемещения стола. Шлифовальная головка 7 имеет установленный в гильзе на высокоточных подшипниках шпиндель, который имеет угол наклона до  $\alpha = 20^\circ$  (рис. 5.16, а) и в коническое отверстие которого устанавливают оправку 9 со шлифовальным кругом. Корпус шлифовальной головки является частью шлифовальной бабки 6.

Для поперечного и вертикального перемещений шлифовального круга служит каретка 14 с колонной. Корпус каретки установлен на направляющие станины и перемещается по ним с помощью винта механизма поперечной подачи маховиком 3, которая может быть грубой и тонкой. Тонкая подача производится маховиком, имеющим лимб с ценой деления 0,001 мм.

Подъем и опускание колонны со шлифовальной бабкой осуществляют механизмом подъема, приводом которого является планетарный редуктор с передаточным отношением 1:10. Механизм подъема обеспечивает перемещение колонны 10 на 0,5 мм за один оборот маховика. Со станком поставляют комплект кожухов 8 для кругов диаметром 200, 150, 125, 100 и 80 мм.

Для защиты станка и рабочего места от разбрызгивания охлаждающей жидкости служит специальное ограждение. Для улавливания и отвода образующихся на станке абразивных и металлических продуктов износа служит пылеотвод, состоящий из приемного сопла, металлорукава и кронштейна. Уп-

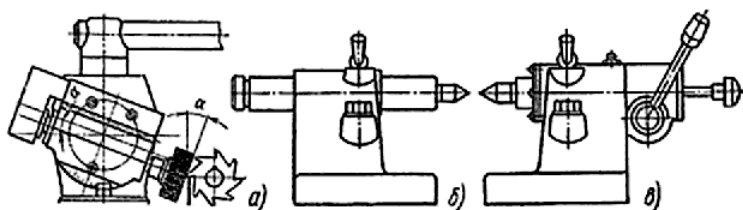


Рис. 5.16. Шлифовальная (а), передняя (б), задняя (в) бабки

равление станком выполняют с основного пульта 11; электрооборудование станка расположено рядом в электрошкафу.

Станки мод. ЗМ642 снабжают достаточно большим количеством приспособлений. Для затачивания хвостового и насадного инструмента по задней и передней поверхностям предназначена универсальная бабка, обеспечивающая поворот инструмента в трех взаимно перпендикулярных плоскостях на требуемые углы. Для заточки инструмента предназначены также передняя и задняя бабки.

Правильная установка зуба затачиваемого инструмента осуществляется с помощью универсальной упорки. Для затачивания резцов, плоских протяжек и выполнения других операций плоского шлифования предназначены подручник и трехповоротные тиски. Для правки кругов имеются соответствующие приспособления.

В комплект принадлежностей к станку входят также наборы центров, переходных втулок, устройство для установки стола в нулевое положение, поводок, приспособление для наружного круглого шлифования и др.

*Центровые бабки* (рис. 5.16, б и в) служат для заточки инструмента в центрах: концевых фрез по передней и задней поверхностям зубьев на цилиндрической части, зенкеров и разверток по передней поверхности и задней поверхности на режущей части, метчиков по передней поверхности. Передняя бабка, обычно расположенная слева, имеет сквозное отверстие для установки неподвижного центра, на котором может закрепляться поводок со шкалой. Задняя бабка, находящаяся справа, имеет скользящую подпружиненную пиноль с коническим отверстием под центр. Для отвода пиноли от инструмента при его замене имеется рычаг. Обе бабки устанавливаются на верхнюю плоскость стола и ориентируются по пазу стола шпонками.

*Универсальные головки* применяют для заточки торцовых и наклонных режущих кромок фрез и зенкеров, консольно закрепляемых при заточке за хвостовик.

*Большая универсальная головка* (рис. 5.17, а) с делительным механизмом, предназначенная для выполнения наиболее точных работ, имеет шпиндель, установленный на шариковых подшипниках, угловой кронштейн 2 и основание 1. Шпиндель имеет с двух концов конусные отверстия Морзе № 5 и № 3. При настройке корпус головки может поворачиваться вокруг горизон-

тальной оси на  $360^\circ$ , а вместе с угловым кронштейном – вокруг вертикальной оси на такой же угол.

При заточке инструмента с точным окружным шагом на верхнюю площадку корпуса шпинделя устанавливают корпус фиксатора, а на конец шпинделя закрепляют делительный диск 4 с фланцем (делительный механизм поставляется с тремя делительными дисками – на 6, 8 и 12 пазов.). Для вывода фиксатора из паза диска служит рукоятка 5. Регулировочные винты 6 на фланце позволяют при повороте инструмента уточнить его положение относительно шлифовального круга. Для закрепления концевой инструмента с цилиндрическим хвостовиком  $\varnothing 3-20$  мм используют цанговый зажим, устанавливаемый в коническое отверстие шпинделя.

Большую универсальную головку используют также в качестве передней бабки для круглошлифовальных работ. Для этого на горизонтальную площадку углового кронштейна закрепляют плиту с электродвигателем, имеющим шкив клиноременной передачи. Второй шкив устанавливают на шпиндель головки (рис. 5.17, д).

Малая универсальная головка (рис. 5.17, б) отличается широкими возможностями установки затачиваемого инструмента и удобством эксплуатации. Корпус ее шпинделя связан с основанием не через один, а через два угловых поворотных кронштейна 2. Поэтому если большая головка является трехповоротной (повороты углового кронштейна, корпуса головки и шпинделя), то малая – четырехповоротной. На заднем конце шпинделя располагается делительный механизм храпового типа, позволяющий быстро производить фиксированный поворот инструмента одной рукой при заточке многолезвийного инструмента.

Многие многолезвийные инструменты, например фрезы, при заточке задних поверхностей базируются передней поверхностью затачиваемого зуба на упорку (рис. 5.17, в), что исключает влияние погрешности окружного шага зубьев на биение режущих кромок инструмента. Пуговка 9 микроподачи служит для точного перемещения державки 7 с язычком 8 вверх и вниз при настройке величины заднего угла.

Резцы и другие инструменты с призматической державкой затачивают в трехповоротных тисках (рис. 5.17, г), конструкция которых в принципе аналогична конструкции малой головки, но корпус шпинделя заменен на узел тисочного зажима. Подвижная губка 10 перемещается по направляющим поворотной

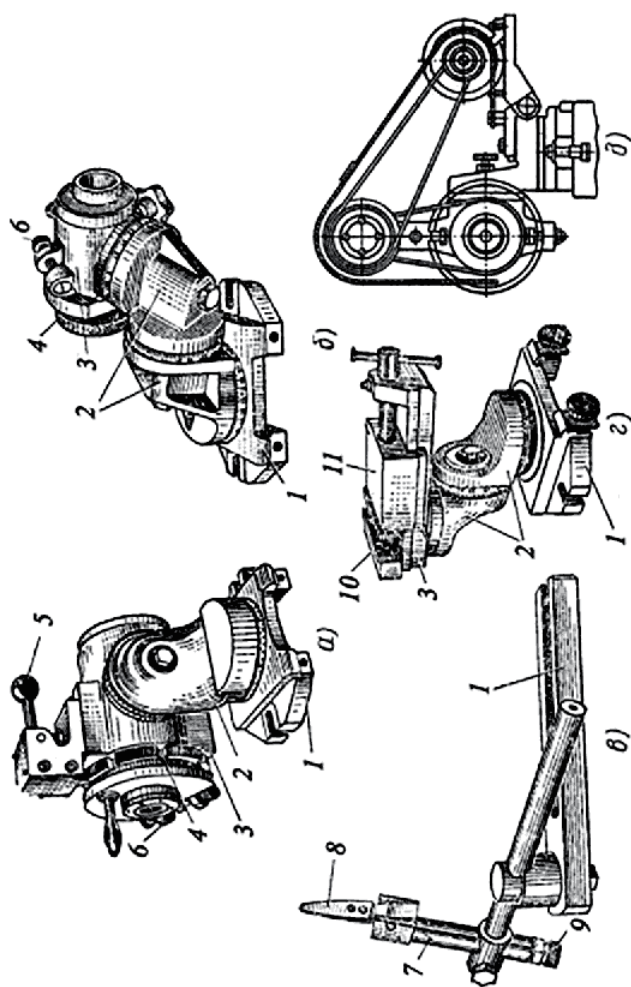


Рис. 5.17. Приспособления к универсально-заточному станку:

а, б – большая и малая универсальные головки; в – упорка; г – трехповоротные тиски;

д – передняя бабка для круглошлифовальных работ;

е – основание; ж – угловой поворотный кронштейн; 1 – корпус; 2 – делительный диск; 3 – рукоятка фиксатора; 4 – регулировочные винты; 5 – державка; 6 – язычок; 7 – пугонка микроподачи; 8, 9 – неподвижная и подвижная губки

го корпуса 3 с помощью винта и прижимает закрепляемый инструмент или заготовку к неподвижной губке.

### 5.1.3.2. Заточка резцов

Исходные положения резца, закрепленного в тисках, имеющих три оси поворота со шкалами А, Б и В, показаны на рис. 5.18, а, в соответствии перед поворотом тисков на

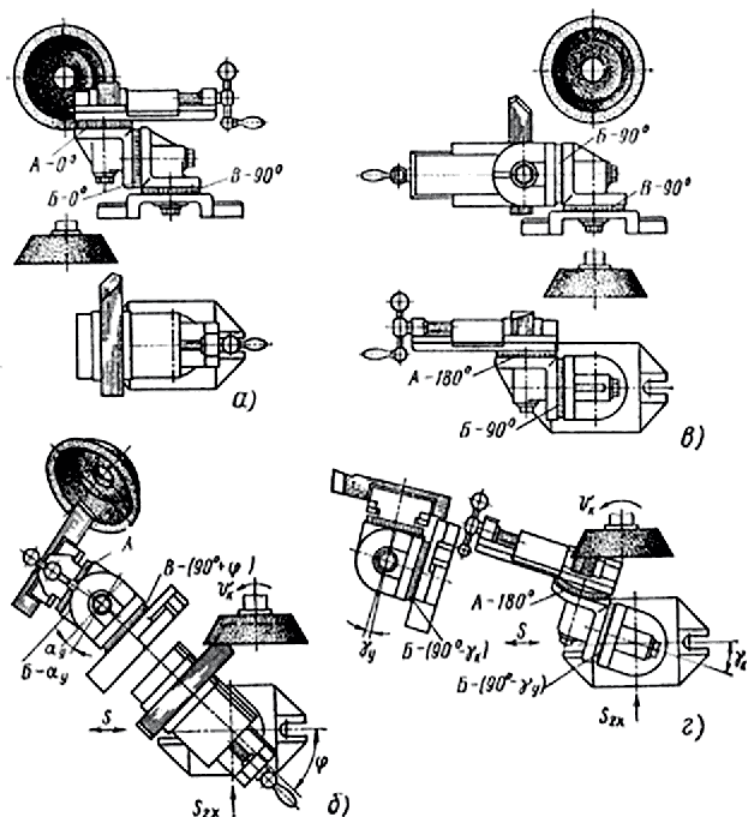


Рис. 5.18. Установка резца в трехповоротных тисках при заточке задней (а и б) и передней (в и г) поверхностей:  
 А, Б, В – исходная установка тисков перед заточкой;  
 S,  $S_{2x}$  – направления продольной и поперечной подач

установочные углы, положение резца при заточке задней поверхности – на рис. 5.18, б, при заточке передней поверхности – на рис. 5.18, г.

Конструкция суппортов и приспособлений ряда станков, особенно специализированных, допускает установку резцов при заточке непосредственно по значениям углов, заданных в нормальной плоскости. В этом случае ориентируют резец с учетом углов  $\varphi$  и  $\lambda$ , располагая главную режущую кромку, например, горизонтально или вертикально, и производят поворот в плоскости, перпендикулярной режущей кромке, на углы  $\alpha$  и  $\gamma$  соответственно.

### **5.1.3.3. Режимы заточки и доводки резцов**

На большинстве станков для заточки резцов применяют круги  $\varnothing$  150 или 200 мм при частоте вращения шпинделя 2540 и 3560 об/мин; универсально-заточные станки имеют четыре или пять ступеней частоты вращения шпинделя. Расчетная окружная скорость круга на станках 17,5; 20; 28; 30; 35 м/с; скорость продольного перемещения 0,2-3 м/мин; число двойных ходов в минуту 25-50; автоматическая подача врезания 0,3-10 мм/мин; наибольший припуск, снимаемый за один цикл, – до 1,5 мм (на некоторых станках – до 3-4 мм).

Назначение режимов шлифования всегда связано с учетом многих факторов, влияющих на эффективность и экономичность технологического процесса. Выбор скорости круга зависит от станка, размеров круга, жесткости технологической системы, наличия СОЖ, особенностей затачиваемого инструмента. Для алмазных кругов на керамической связке обычно применяют более высокие скорости (35-45 м/с), и шлифование проводят с обязательным применением СОЖ во избежание засаливания кругов. Для кругов на керамической связке окружную скорость назначают значительно меньшую (10-20 м/с), чтобы обеспечить самозатачивание режущей поверхности за счет выкрашивания зерен по мере образования на них плоских площадок износа. Для алмазных кругов на металлических связках скорость круга назначают в пределах 15-25 м/с, для кругов на органических связках – 18-35 м/с. Рекомендуемые режимы заточки и доводки твердосплавных резцов приведены в табл. 5.1.

Увеличение продольной подачи при заданной интенсивности съема припуска уменьшает опасность появления трещин

Глава 5. Качество заточки инструмента и изготовления деталей

или прижогов. Однако применение при заточке небольших глубин шлифования и малых поперечных подач сопровождается увеличением числа проходов, которые необходимо сделать для съема заданного припуска, что снижает производи-

Т а б л и ц а 5.1  
Режимы заточки и доводки твердосплавных резцов

Вид шлифования	Характеристика инструмента			Рекомендуемый режим шлифования		
	абразивный материал	связка	зернистость	скорость круга, м/с	продольная подача, м/мин	поперечная подача, мм/дв. ход
Алмазная заточка	АС4, АС6	Металлическая М1, МВ1	125/100, 100/80, 80/63	18-25	1.5-3	0,04-0,08
	АС4, АС6	Керамическая К5	125/100, 100/80	25-45		0,03-0,04
	АС2, АС4	Бакелитовая Б156, БП2, Б1	125/100, 100/80, 80/63	18-35	1,5-2,5	0,02-0,05
Алмазная доводка	АС2, АС4	Бакелитовая Б1, Б156	80/63, 63/50, 50/40	18-30	0,3-1,5	0,005-0,01
Абразивная заточка	63С	Керамическая К5	40, 25	10-18	2,5-5	0,03-0,15
		Бакелитовая Б1	40, 25, 16	12-20		
Алмазная глубинная заточка	АС4, АС6	Металлическая М1, МВ1	125/100, 100/80	17-28	0,03-0,5	0,4-1,5
		Органическая Б156			0,03-0,4	0,1-1,5
Вышлифовывание канавок, лунок и порожков	АС4, АС6	Металлическая АII, МВ1	125/100, 100/80	17-28	0,03-0,05	



тельность операции. Поэтому, в зависимости от конкретных условий, следует назначить наиболее целесообразное соотношение между продольной и поперечной подачами. Применение интенсивных режимов шлифования, как правило, возможно только с применением СОЖ в количестве не менее 5-8 л/мин. Некоторые конструкции заточных станков оснащены еще более мощными системами охлаждения с расходом СОЖ до 20-40 л/мин.

#### 5.1.3.4. Заточка сверл

Формообразование задних поверхностей при заточке сверл определяется кинематикой относительного движения режущей поверхности шлифовального круга и затачиваемого сверла на заточном станке. Существует много конструкций станков, работающих с различными схемами формообразования задних поверхностей, наибольшее применение из которых получили следующие методы заточки спиральных сверл:

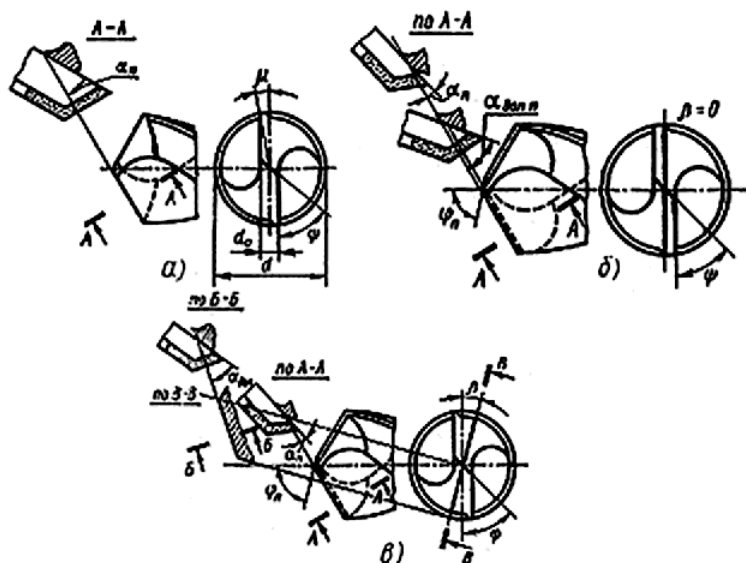


Рис. 5.19. Заточка задней поверхности спиральных сверл:  
а – одноплоскостная; б – двухплоскостная с  $\beta = 0^\circ$  и в –  $\beta \neq 0^\circ$

- одноплоскостная, с задней поверхностью в виде плоскости (рис. 5.19, а);
- двухплоскостная, с задней поверхностью, образуемой двумя плоскостями – главной и дополнительной, ребро пересечения которых проходит через ось сверла и имеет наклон под углом  $\beta = 0...40^\circ$  относительно главной режущей кромки (рис. 5.19, б, в);
- коническая, с задней поверхностью, выполняемой в виде конуса (рис. 5.20, а);
- цилиндрическая, с задней поверхностью, выполняемой в виде цилиндра (рис. 5.20, б);
- винтовая, с задней поверхностью, выполняемой в виде конволютного геликоида, т. е. образуется прямой линией, совершающей винтовое движение, вращаясь вокруг оси сверла и одновременно перемещаясь поступательно в направлении этой оси при постоянном угле наклона к оси сверла (рис. 5.20).

Использование того или иного метода зависит от диаметра сверл, инструментального и обрабатываемого материалов, размера партии затачиваемых сверл, степени автоматизации, наличия оборудования и других причин.

В настоящее время наиболее перспективными являются схемы двухплоскостной и винтовой заточек, так как в случае их использования наиболее просто решаются задачи ав-

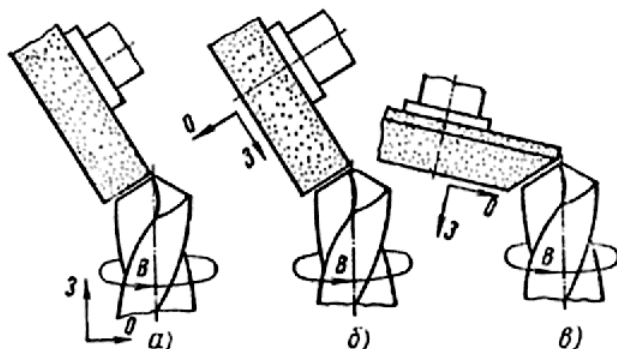


Рис. 5.20. Заточка спирального сверла с винтовой задней поверхностью:

- а – сверло совершает движение вращения (относительно собственной оси), движение осцилляции О и затылования З; б, в – совершает движение вращения В; круг – движение осцилляции О и затылования З

томатизации процесса заточки и точность сверления является более высокой по сравнению с другими схемами. Довольно широкое применение имеет также конический метод заточки сверл.

### 5.1.3.5. Станки для заточки сверл

Промышленность выпускает станки для заточки сверл  $\varnothing 0,1-90$  мм. При настройке станка модели ЗБ650 для двухплоскостной заточки с заданными размерами задних углов  $\alpha$  и  $\alpha_{доп}$ , измеряемых в плоскости, касательной к цилиндрической поверхности, имеющей радиус, равный диаметру сверла, необходимо определить в нормальном сечении углы  $\alpha$  и  $\alpha_{доп}'$  соответствующие углам поворота шлифовальных шпинделей.

При заточке задней поверхности сверл по цилиндрической схеме (рис. 5.20, б) к точильно-шлифовальным станкам применяют простые приспособления, одно из которых показано на рис. 5.21.

Сверло устанавливают в призмах 1 и 2 и ориентируют планкой 3 и упором 4. При заточке приспособление поворачивается вокруг оси 6, обеспечивая профилирование задней поверхности по цилиндрической схеме. Для подачи сверла в осевом направлении на глубину шлифования имеется микромет-

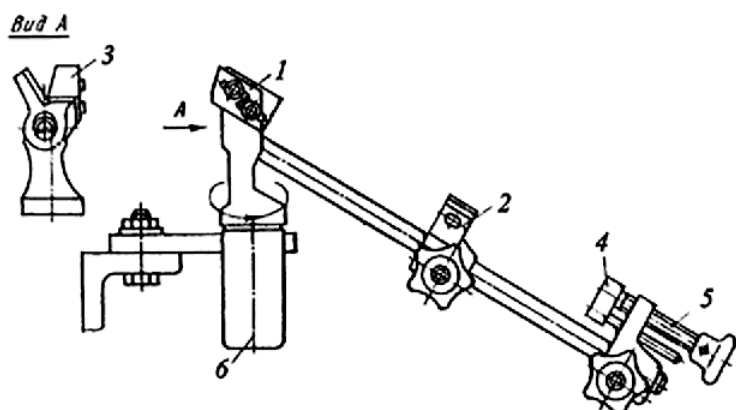


Рис. 5.21. Приспособление для заточки сверла с цилиндрической задней поверхностью

рический винт 5. Приспособление рассчитано на заточку углов  $2\varphi = 118^{\circ} \pm 3'$  и  $\alpha = 12^{\circ} \pm 3'$ . Симметричность относительно оси режущих кромок обеспечивается попеременной заточкой зубьев на последних проходах.

При заточке задней поверхности сверл с конической задней поверхностью используют приспособление, показанное на рис. 5. 22. На рис. 5.22, а дана схема заточки сверл. Образующая заточного конуса совпадает с торцом шлифовального круга 1. Оси сверла ( $O_c O_c$ ) и заточного конуса ( $O_x O_x$ ) скрещиваются под углом  $\delta$  (обычно  $\delta = 23^{\circ}$ ). Сверло фиксируется зажимными губками 2 и 3 и задним центром 4. Относительно торца шлифовального круга сверло устанавливается под углом  $\varphi$ .

При заточке одного зуба сверло покачивается относительно оси  $O_x O_x$  и имеет подачу на врезание для съема припуска в направлении S. Заточка зубьев на сверле производится последовательно. Изменение задних углов осуществляется изменением вылета l сверла: с его увеличением радиус кривизны конической поверхности возрастает и задние углы уменьшаются. Для ориентировочной настройки принимают  $l = 0,75d$ , где d – диаметр сверла.

На рис. 5.22, б показана конструкция держателя сверла, состоящего из стойки 12, поворотной гильзы 5, кронштейна 11 с регулируемыми губками 10, перемещаемыми винтом 9.

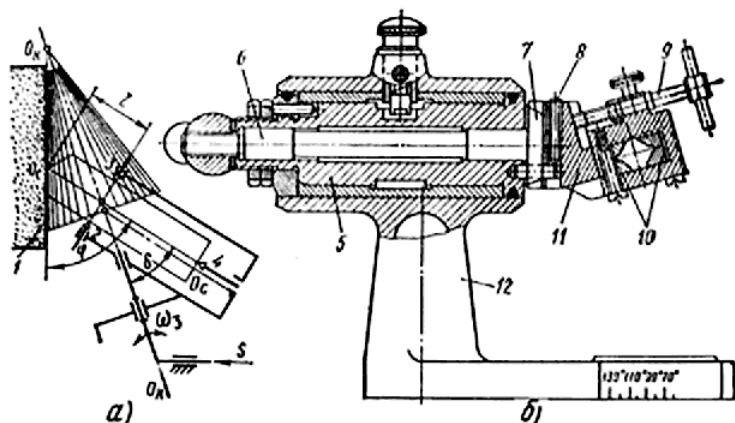


Рис. 5.22. Приспособление для заточки сверла с конической задней поверхностью

Винтом 8 кронштейн 11 можно передвигать по направляющим 7 для изменения смещения между перекрещивающимися осями сверла и конуса заточки 6, совпадающей с осью поворотной гильзы 5. Чем ниже располагается ось сверла относительно оси гильзы, тем больше будет задний угол на сверле при заданном осевом вылете сверла. Ориентация сверла в державке осуществляется по упорам: осевому (регулировка вылета) и боковому (регулировка положения главной режущей кромки).

### **5.1.3.6. Технология заточки и подточки сверл**

Сверла по задней поверхности затачивают с разными схемами удаления припуска.

При глубинной (однопроходной) схеме припуск полностью срезается с одного зуба, а затем после поворота на  $180^\circ$  – со второго зуба сверла. При этой схеме сверло поворачивается только один раз. Для предупреждения биения режущих кромок сверла, связанного с износом круга на автоматических станках, предусматривают правку и компенсацию износа круга после заточки каждого зуба сверла.

При многопроходной схеме припуск может сниматься или раздельно – сначала с одного зуба, а затем с другого, или попеременно с обоих. Попеременная многопроходная заточка снижает опасность прижогов и появления трещин, обеспечивает более высокую степень осесимметричности, так как износ круга не оказывает непосредственного влияния на биение режущих кромок, однако значительно возрастает время, затраченное на процесс деления. При заточке задней поверхности по винтовой схеме сверло вращается непрерывно и попеременная заточка оказывается целесообразной.

При других схемах заточки (конической, двухплоскостной и др.) применяют смешанные схемы съема припуска: основная часть припуска снимается раздельно при наличии продольной многопроходной или врезной подачи, а зачистные и выхаживающие ходы выполняются попеременно. Существующие станки рассчитаны на диапазон окружных скоростей круга от 18 до 60 м/с. Частота вращения сверла при винтовой заточке задней поверхности – 16-75 мин<sup>-1</sup>. Подачу на глубину шлифования обычно выбирают 0,005-0,08 мм/дв. ход при многопроходном шлифовании и 0,5-1,5 мм/дв. ход – при однопроход-

ном. Автоматическую компенсацию износа круга предусматривают в пределах 0,004-0,04 мм.

Снимаемый за цикл припуск зависит от характера износа сверла – иногда его величина доходит до 1,5-2,5 мм. Скорости продольного перемещения назначают следующие: 1-2 м/мин – при заточке сверл, оснащенных твердосплавными пластинами, и 3-8 м/мин – при заточке быстрорежущих сверл.

Выбор характеристики круга зависит от оборудования, материала режущей части сверла и требований к шероховатости поверхности (табл. 5.2). Наряду с обычными абразивными материалами (электрокорунды и карбид кремния) широко применяют и сверхтвердые абразивные материалы (алмазы и эльбор).

Для улучшения условий резания при сверлении изменяют геометрию режущей части за счет применения двойной заточки (при сверлении материалов с повышенной прочностью с  $\sigma_b \geq 50$  МПа), подточки поперечной кромки или ленточки. Эти подточки следует проводить на специальном оборудовании или с использованием необходимых приспособлений, гарантирующих получение заточки симметричной оси инструмента.

Формы применяемых кругов для разных видов подточек показаны на рис. 5.23. Используют круги прямого профиля (рис. 5.23, а), с двусторонним или односторонним коничес-

Таблица 5.2  
Шлифовальные круги для заточки сверл

Требуемая шероховатость поверхности Ra, мкм	Материал режущей части сверла	Характеристика круга (абразивный материал – зернистость – твердость – структура – относительная концентрация – связка)
0,63-0,32	Быстрорежущая сталь	(24А, 25А, 45А) – (40, 25, 16) – (МЗ, СМ1, СМ2) – (6, 8) – (К1, К5, К8) Л – (16, 10) – 100% – Б1, БП1, С10
	Твердый сплав	(63С, 64С) – (40, 25, 16) – (СМ1, СМ2) – (5, 6, 8) – (К2, К3) АС4, АС6 – (125/100, 100/80) – 100% – М1, ТМ2, Б156
0,32-0,125	Быстрорежущая сталь	(25А, 45А) – (25, 16, 12, 8) – (МЗ, СМ1) – (5, 6, 8) – (Б, К5, К1)
	Твердый сплав	АС2, АС4 – (100/80, 80/63, 63/50, 50/40) – 100% – (Б1, КБ, Б156)

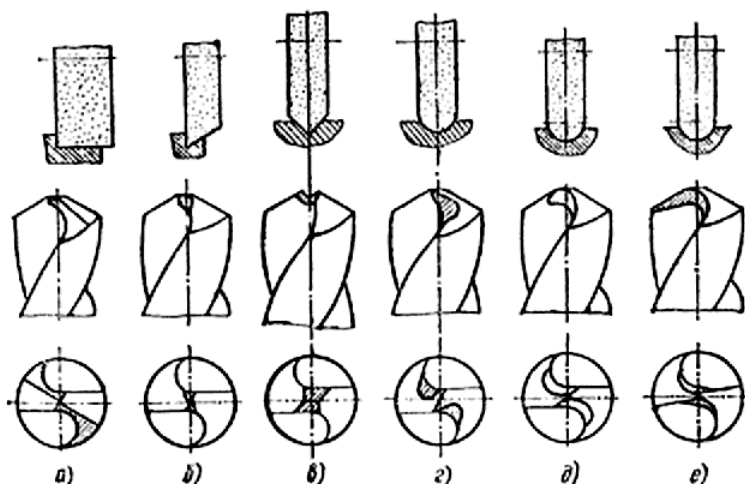


Рис. 5.23. Профили кругов, используемые при некоторых формах подточки

ким профилем (рис. 5.23, б, в), с радиусным или иным фасонным профилем (рис. 5.23, г-е).

### 5.1.3.7. Заточка зенкеров и разверток

Для повышения точности и уменьшения шероховатости поверхности предварительно просверленных, штампованных и литых отверстий применяют зенкерование или зенкерование с последующим развертыванием. Припуск на диаметр под зенкерование обычно устанавливают 1-2 мм, под развертывание – 0,1-0,3 мм. При зенкерование шероховатость поверхности отверстий  $Rz = 40 \dots 10$  мкм, а при использовании твердосплавных зенкеров  $Ra = 2,5 \dots 1,25$  мкм. При развертывании отверстий, предварительно обработанных зенкером или сверлом, достигается шероховатость поверхности  $Ra = 1,25 \dots 0,32$  мкм.

При подточке поперечной кромки на универсально-заточном станке сверло и шлифовальный круг необходимо повернуть на некоторые углы относительно направления продольной подачи стола (рис. 5.24, а, табл. 5.3). Для осуществления этих поворотов используют оправку (рис. 5.24, б) к универсальной



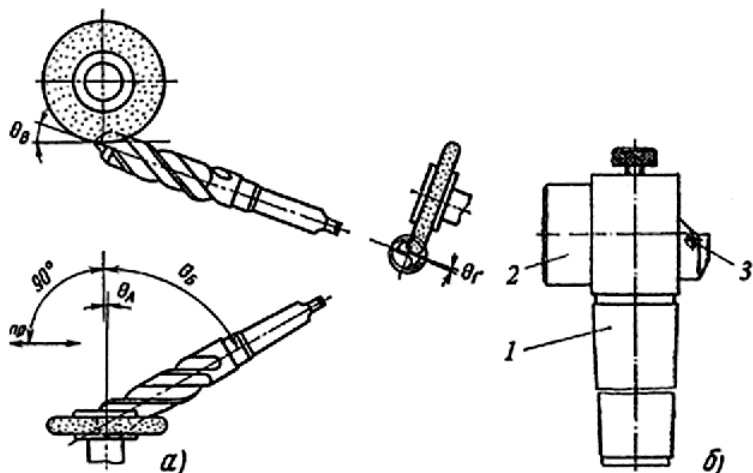


Рис. 5.24. Схема установки шлифовального круга и сверла при подточке его поперечной кромки (а); оправка (б)

головке, в которой сверло базируется в сменной втулке: 1 – корпус, 2 – сменная втулка, 3 – ориентирующий штифт.

Зенкеры и развертки затачивают, как правило, на универсально-заточном станке. Операции по заточке и доводке передних, задних поверхностей и ленточек на калибрующей ча-

Таблица 5.3

Углы поворота шлифовального круга и сверла при подточке его поперечной кромки

Угол поворота	Назначение поворота	Угол поворота, град
$\Theta_A$	Поворот шлифовального круга для увеличения ширины подточки	5
$\Theta_B$	Поворот сверла вокруг горизонтальной оси, чтобы избежать повреждения зуба	22-25
$\Theta_B$	Поворот сверла вокруг вертикальной оси для обеспечения длины подточки	10-25
$\Theta_G$	Поворот сверла вокруг своей оси для создания угла между поперечной кромкой и новой кромкой, образованной при подточке	0-15



сти, также задних поверхностей на режущей части при угле в плане  $\varphi \leq 45^\circ$  производят в центрах, причем насадной инструмент предварительно закрепляют на оправке. Заточку и доводку задних поверхностей зубьев зенкеров на режущей части с углом  $\varphi \geq 60^\circ$  выполняют в двух- или трехповоротных головках при консольном закреплении инструмента с базированием на конический хвостовик.

Переднюю поверхность зуба зенкера или развертки затачивают кругом тарельчатой формы (рис. 5.25), причем для инструментов с прямыми зубьями используют торцовую сторону круга, а винтовые зубья обрабатывают конической стороной круга. Для радиальной установки рабочей поверхности круга пользуются специальным шаблоном.

В случае, когда передняя поверхность не радиальная, т. е. передний угол на калибрующей части не равен нулю, например при наличии отрицательной фаски, необходимо круг сместить от радиального расположения на величину

$$h_1 = D \sin \gamma / 2 \cos \beta,$$

где  $h_1$  – смещение круга в направлении, перпендикулярном оси инструмента,  $D$  – диаметр инструмента,  $\gamma$  – передний угол на калибрующей части,  $\beta$  – угол заправки круга.

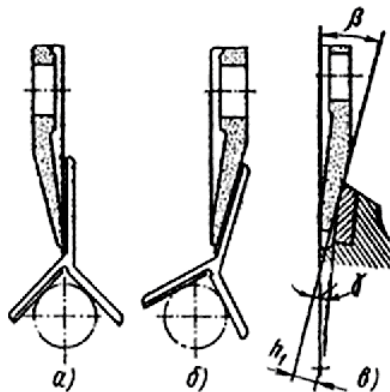


Рис. 5.25. Установка шлифовального круга при заточке передней поверхности инструмента:  
 а – с прямым зубом при  $\gamma = 0$ ; б – с винтовым зубом при  $\gamma = 0$ ;  
 в – с винтовым зубом при  $\gamma < 0$

Заточку передних поверхностей зенкеров и разверток выполняют в центрах без делительных приспособлений, прижимая вручную зуб инструмента к кругу.

Припуск по передней поверхности составляет в среднем при заточке зенкеров 0,2 мм, разверток 0,15 мм, а при доводке 0,03-0,05 мм.

Заточку задней поверхности на калибрующей части (рис. 5.26) производят в центрах. Ось центров располагается параллельно направлению продольной подачи стола.

При заточке торцом круга вершина зуба с помощью упорки устанавливается ниже горизонтальной осевой плоскости инструмента на величину

$$h \approx 0,01D\alpha_1,$$

где  $D$  – диаметр инструмента,  $\alpha_1$  – задний угол в торцевом сечении.

При заточке периферией круга упорка располагается в горизонтальной осевой плоскости инструмента, а ось шлифовального круга смещается вверх на величину

$$h = (D_{\text{кр}}/2)\sin\alpha_1 \approx 0,01D_{\text{кр}}\alpha_1.$$

Заданную величину смещения упорки на станке устанавливают с помощью штангенрейсмаса. При заточке инструмента

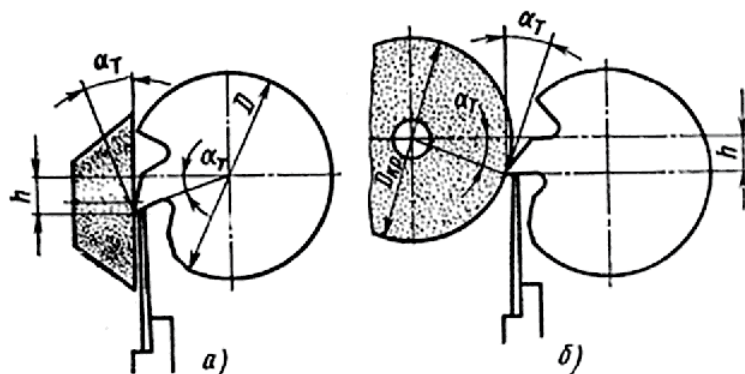


Рис. 5.26. Установка шлифовального круга при заточке задней поверхности инструмента:  
а – торцом круга; б – периферией круга

с прямым зубом упорку используют только для деления. Упорку закрепляют на столе станка, и в процессе заточки она перемещается вместе с инструментом. Упорку устанавливают в любом месте по длине калибрующей части таким образом, чтобы ее опорное лезвие касалось передней поверхности затачиваемого зуба как можно ближе к режущей кромке (не далее 0,5 мм). Затачиваемый зуб прижимают к упорке вручную.

При заточке инструмента с винтовым зубом упорка служит как для деления, так и для придания инструменту винтового движения. Упорку закрепляют на заточной головке, и в процессе заточки инструмент перемещается относительно нее. Опорное лезвие упорки наклоняют так, чтобы оно составляло с осью инструмента угол  $\omega$ . Величина смещения упорки  $h$  устанавливается по средней точке опорного лезвия упорки, которое может быть прямолинейным, длиной 3-5 мм, или криволинейным.

Для снижения теплообразования при заточке задних поверхностей круг имеет специальную форму (рис. 5.27).

Задние поверхности зубьев режущей части инструмента затачивают так же, как на калибрующей. Отличия заключаются в

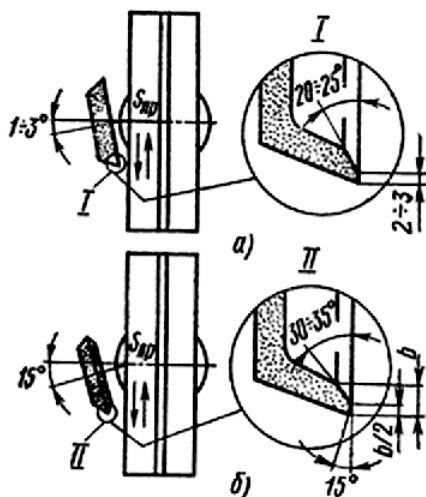


Рис. 5.27. Форма рабочей поверхности шлифовального круга для заточки задних поверхностей зенкеров и разверток:  
а – торцом; б – конусом

## Глава 5. Качество заточки инструмента и изготовления деталей

том, что верхняя часть стола поворачивается на угол заборного конуса  $\varphi$ ; величина смещения упорки рассчитывается по среднему диаметру режущей части, зубья затачиваются наостро.

### 5.1.3.8. Заточка фрез

Фрезы являются одним из наиболее распространенных видов и конструкций режущего инструмента. При обработке металлических деталей прежде всего изнашиваются фрезы по передним и задним углам.

Распространенные значения передних и задних углов фрез приведены в табл. 5.4 и 5.5.

Основным видом износа фрез является износ по задней поверхности на величину  $h_3$  (рис. 5.28).

Восстановление фрез с незатылованными зубьями производится путем заточки по задней поверхности, а с затылованными – по передней. Поэтому толщина  $h$  слоя металла (мм),

Таблица 5.4  
Значения переднего угла фрезы, град.

Фрезы	Обрабатываемый материал	$\gamma$ , град.
Твердосплавные	Сталь при $\sigma_b$ , МПа:	
	до 650	15
	650-800	5
	850-950	-5
	1000-1200	-10
	Чугун при НВ	
до 200	5	
200-250	0	
свыше 250	-5	
Быстрорежущие: цилиндрические, торцовые, дисковые	Сталь при $\sigma_b$ , МПа:	
	до 600	20
	600-1000	15
	свыше 1000	10
	Чугун при НВ	
	до 150	15
свыше 150	10	
Отрезные и прорезные при ширине, мм до 3 св. 3	Сталь и чугун	5
		10
Фасонные	Сталь и чугун	10

Таблица 5.5

Значения задних углов фрезы, град.

Фрезы	$\alpha$	$\alpha_1$
Твердосплавные		
Быстрорежущие: цилиндрические, торцовые, дисковые	15	8
с крупными зубьями и вставными ножами	12	8
с мелкими зубьями	16	6
концевые при $D$ , мм:		
до 10	25	8
10-20	20	8
свыше 20	15	8
Отрезные	20	
Прорезные	30	
Фасонные		
с остроконечными зубьями	16	
с затылованными зубьями	12	

сошлифовываемого за одну заточку, будет зависеть от схемы восстановления.

В качестве критерия затупления принят износ  $h_3$  по задней поверхности: при черновом фрезеровании чугуна – 1,5-2 мм, при чистовом фрезеровании стали, чугуна и жаропрочных сплавов – 0,3-0,5 мм.

При предварительной заточке снимают затупленный слой  $h_3$  и затем снимают  $\Delta h$  – дополнительный слой на окончательную заточку в пределах 0,1-0,2 мм. Наиболее вероятным является следующий припуск на заточку, мм: для черновых фрез – 0,3-0,5;

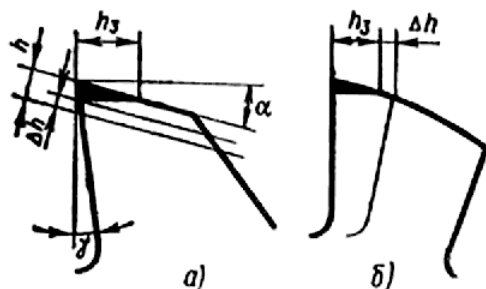


Рис. 5.28. Схемы износа и переточки зуба фрезы:  
а – с остроконечными зубьями; б – с затылованными зубьями



делем делительного устройства. Установка круга относительно затачиваемой фрезы зависит от величины переднего угла и рабочей поверхности тарельчатого круга (рис. 5.29, а-в).

При  $\gamma = 0^\circ$  торец шлифовального круга располагается в осевой плоскости (рис. 5.29, а) при  $\gamma \neq 0^\circ$  он смещается параллельно осевой плоскости на величину

$$r_{\mu} = 0,5D\sin\gamma,$$

где  $D$  – диаметр фрезы, на котором задана величина переднего угла  $\gamma$ .

При заточке передней поверхности фрезы конической поверхностью круга с углом  $a_{\mu}$  наклона образующей конуса (рис. 5.29, в) смещение  $l$  наиболее удаленной точки профиля равно  $l = (D/2) \times \sin(\gamma + a_{\mu})$ . Смещение  $r_{\mu}$  образующей конической поверхности круга относительно оси затачиваемой фрезы не зависит от угла  $a_{\mu}$  и равно  $r_{\mu} = (D/2) \times \sin\gamma$  (рис. 5.29, в).

При заточке фрезы по передней поверхности используют упорки, фиксирующие положение зуба фрезы (рис. 5.30, а). Более высокая точность по окружному шагу между зубьями и радиальному биению зубьев обеспечивается при заточке с помощью делительных дисков или делительных при-

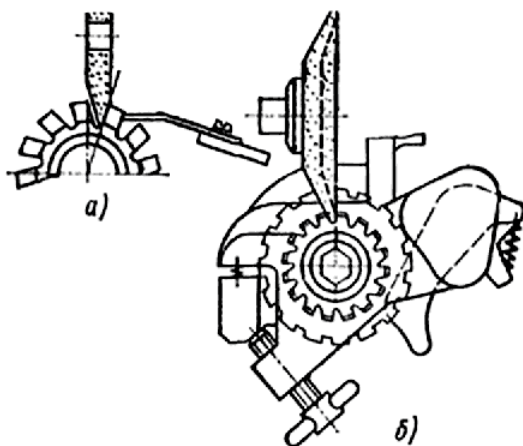


Рис. 5.30. Схемы фиксации фрезы при заточке по передней поверхности с помощью упорки (а) или делительного приспособления (б)



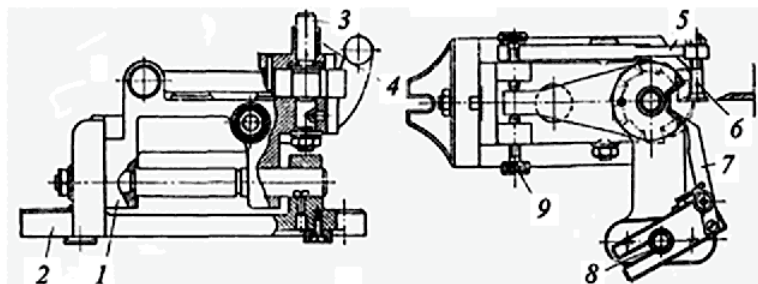
способлений, поставляемых к универсально-заточному станку (рис. 5.30, б).

На рис. 5.31 показано приспособление для заточки фасонных затылованных фрез по передней поверхности.

Фреза устанавливается на палец 3, имеющий сменные втулки 4 для заточки фрез с разными диаметрами базового отверстия. С помощью шаблона 6, закрепленного в стойке 5, привернутой к боковой поверхности поворотного стола 1, устанавливается необходимое смещение передней поверхности фрезы относительно ее осевой плоскости в зависимости от переднего угла  $\gamma$ . Передняя поверхность фрезы упирается в базовую поверхность шаблона 6 и совмещается с торцевой рабочей поверхностью шлифовального круга. При этом упор 7 подводится к спинке зуба и его положение фиксируется винтом 8. Необходимая подача на сьем припуска устанавливается вращением затачиваемой фрезы относительно своей оси с помощью винта 9. При заточке фрез с наклонным зубом поворотный стол 1 устанавливается под необходимым углом относительно основания 2. При съеме припуска за несколько проходов подача на глубину врезания осуществляется каждый раз после полного поворота фрезы, что обеспечивает минимальное радиальное биение профиля ее зубьев.

У фрез с незатылованными зубьями вначале производят заточку задних, а затем – передних поверхностей. На задней поверхности некоторых типов фрез (например, цилиндрических) допускается цилиндрическая ленточка шириной не более 0,05 мм.

Задние поверхности обычно шлифуют торцом чашечного круга (рис. 5.29, г) с небольшим разворотом его оси в гори-



**Рис. 5.31. Приспособления для заточки фасонных затылованных фрез по передней поверхности**



зонтальной плоскости на угол  $1-2^\circ$  (на рис. 5.29, г не указано), чтобы устранить подрез зуба и уменьшить площадь касания круга с затачиваемой поверхностью.

Положение зуба фиксируется упоркой, имеющей смещение вершины зуба относительно осевой горизонтальной плоскости на величину  $h = (D/2)\sin\alpha$ . Возможно также проводить заточку задней поверхности и периферий цилиндрических кругов при перпендикулярном (рис. 5.29, д) или параллельном (рис. 5.29, е) расположении осей фрезы и круга.

При параллельном расположении ось фрезы располагается ниже оси круга на величину  $h = (D_{\kappa}/2)\sin\alpha$ , при этом задняя поверхность получается криволинейной. Такая форма задней поверхности допустима при малой ее ширине и при использовании кругов достаточно большого диаметра.

В случае перпендикулярного расположения осей круга и фрезы при заточке возможен завал режущей кромки вследствие износа прямолинейной образующей круга. Поэтому правка круга должна быть своевременной, а износ круга – минимальным. Смещение вершины зуба фрезы  $l = (D/2)\sin\alpha$  (рис. 5.29, д). При заточке необходимо обеспечение заданного качества поверхности. Для большинства типов фрез параметр шероховатости задней и передней поверхностей должен быть в пределах  $Ra = 0,63-0,32$  мкм.

### **5.1.3.9. Технология заточки фрез и фрезерных головок**

Технология заточки фрезы зависит от ее типа, конструкции и наличия заточного оборудования. Большинство типов фрез затачивается на универсально-заточных станках.

*Торцовая фреза* является насадным многозубым инструментом, предназначенным для обработки плоскостей. Наибольшее распространение получили торцовые сборные фрезы, оснащенные пластинками из твердого сплава, которые делятся на две основные группы: фрезы с многогранными неперетачиваемыми пластинками и фрезы со вставными ножами. Многогранные твердосплавные пластинки обрабатывают по опорным плоскостям, граням и вершинам на специальных станках и после установки в корпус фрезы не подлежат заточке.

Вставные ножи с твердосплавными пластинками до установки в корпус обрабатывают по всем базовым поверхностям и пе-

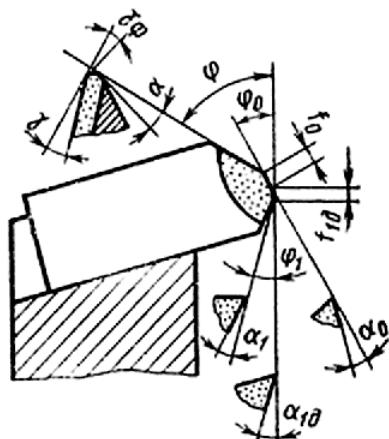


Рис. 5.32. Геометрические параметры торцевой фрезы

редней поверхности пластинки. Все задние поверхности и фаска на передней поверхности затачиваются в сборе.

Режущая часть каждого ножа (рис. 5.32) имеет несколько режущих кромок, отличающихся углом в плане, который измеряется между торцевой плоскостью и проекцией режущей кромки на осевую плоскость фрезы, проходящую через вершину зуба. Главная режущая кромка имеет угол  $\varphi = 45 + 90^\circ$ . Вспомогательная режущая кромка имеет угол  $\varphi_1 = 0 + 5^\circ$ . Для снижения шероховатости обработанной поверхности вспомогательную кромку образуют из двух участков – дополнительной кромки с  $\varphi_{\partial} = 0^\circ$  и  $\varphi_{1\partial} = 1,5 + 2$  мм и собственно вспомогательной кромки с  $\varphi_1 \geq 2^\circ$ . Вершина зуба фрезы оформляется прямолинейной или радиусной переходной кромкой. Прямолинейная переходная кромка имеет  $\varphi_0 \approx \varphi/2$  и  $\varphi_0 = 1,5 + 2$  мм. Фрезы с радиусной вершиной  $r = 2 + 3$  мм имеют повышенную стойкость по износу, менее чувствительны к биению главных режущих кромок и рекомендуются для чернового и получистового фрезерования. Задние углы по каждой режущей кромке измеряются в плоскости, перпендикулярной проекции данной кромки на осевую плоскость фрезы и обычно равны  $15^\circ$  на пластинке и  $20^\circ$  на державке.

Передняя поверхность ножа обрабатывается плоским шлифованием вне корпуса фрезы и заточке в сборе не подле-

жит. Передний угол зависит от угла установки ножа в корпусе (обычно 5-8°). Для изменения переднего угла в соответствии с условиями фрезерования затачивается фаска по главной кромке шириной  $f = 0,4 \pm 0,6$  мм, передний угол которой можно изменять в пределах  $\gamma_{\phi} = +5 \pm (-10^\circ)$  в зависимости от обрабатываемого материала. Главная режущая кромка не лежит в осевой плоскости фрезы, образуя с ней угол наклона  $\lambda = +(5 \pm 8^\circ)$ . Технические требования на заточку торцовых фрез приведены в табл. 5.7.

Технология изготовления корпусов и ножей торцовых фрез не обеспечивает точного окружного шага расположения передних поверхностей зубьев. Поэтому для снижения биения режущих кромок заточка фрез ведется по упорке, базирую-

Таблица 5.7  
Технические требования на заточку торцовых и концевых фрез

Номинальный диаметр фрезы, мм	Торцовое биение вспомогательных режущих кромок, мм, не более	Биение по нормали главных режущих кромок, мм, не более			
		смежных зубьев		противоположных зубьев	
		нормальная точность	повышенная точность	нормальная точность	повышенная точность
До 16	0,03	0,03	0,02	0,06	0,04
16-50	0,04	0,03	0,02	0,06	0,04
50-160	0,05	0,04	0,03	0,08	0,06
160-250	0,06	0,05	0,04	0,10	0,08
250-400	0,08	0,06	0,05	0,12	0,10
400-630	0,10	0,08	0,06	0,12	0,10

**Примечание.**  
Допускаемые отклонения:  $\pm 2^\circ$  для углов  $\phi$ ,  $\phi_0$ ,  $\omega$  и  $\pm 1^\circ$  для углов  $\phi_1$ ,  $\alpha$ ,  $\lambda$ .  
Шероховатость передних и задних поверхностей фрез: для быстрорежущих –  $Ra = 0,63$  мкм, для твердосплавных –  $Ra = 0,32$  мкм, не более

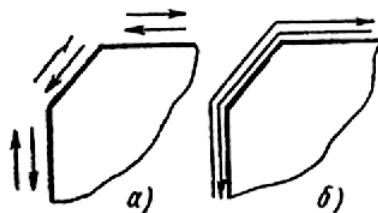


Рис. 5.33. Способы заточки торцевых фрез

щейся по передней поверхности затачиваемого зуба (рис. 5.26) по возможности ближе к режущей кромке.

При **позлементном способе заточки** (рис. 5.33, а) задних поверхностей режущие кромки фрезы (главные, вспомогательные, переходные, дополнительные) затачиваются отдельно: вначале – главные кромки на всех зубьях, затем – вспомогательные на всех зубьях и т. д.

При **контурном способе заточки** (рис. 5.33, б) задних поверхностей ее режущие кромки каждого зуба затачиваются последовательно одна за другой в один проход. Деление для обработки следующего зуба совершается после того, как шлифовальный круг сделал один или несколько проходов по всем режущим кромкам предыдущего зуба.

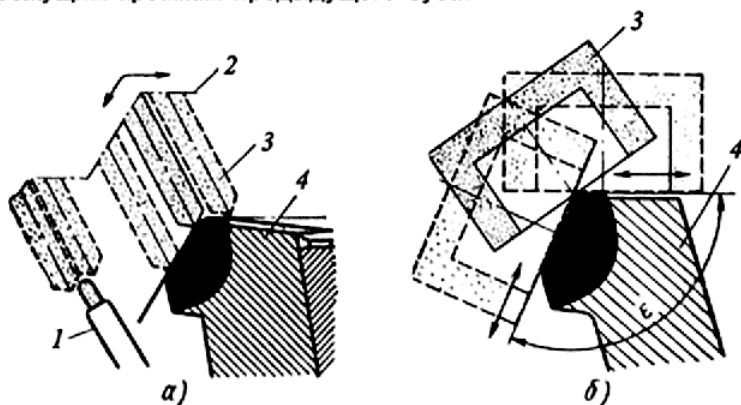


Рис. 5.34. Контурная заточка торцевой фрезы:  
 а – копирная заточка двухугловым дисковым кругом;  
 б – бескопирная заточка чашечным кругом;  
 1 – алмаз; 2 – траектория движения круга;  
 3 – шлифовальный круг; 4 – зуб фрезы

**Копирная контурная заточка** (рис. 5.34, а) производится двухугловым дисковым шлифовальным кругом, перемещающимся в двух направлениях: параллельно оси круга (равномерное прямолинейное движение) и перпендикулярно оси круга (от копира).

Угол профиля шлифовального круга равен углу при вершине зуба фрезы. Для заточки фрез по пластинке и державке обычно используют шлифовальные круги из карбида кремния зеленого. Для уменьшения биения режущих кромок из-за быстрого износа шлифовального круга после каждого двойного хода проводится правка круга алмазом по копиру с компенсацией износа.

**Бескопирная контурная заточка** (рис. 5.34, б) производится так же, как заточка резцов с точным радиусом при вершине. Шлифовальный круг периодически поворачивается вокруг центра радиуса переходной задней поверхности ножа на угол  $180^\circ - \varepsilon$  ( $\varepsilon$  – угол при вершине) и, останавливаясь в крайних положениях, обрабатывает главную и вспомогательную кромки. Обычно заточку выполняют чашечным шлифовальным кругом, осциллирующим в плоскости своего торца.

Для уменьшения износа алмазного круга и повышения точности заточки рекомендуется проводить предварительную обработку державки так, чтобы круг работал преимущественно по твердому сплаву. Обработку державки производят шлифованием кругами из электрокорунда или карбида кремния с задним углом, на  $3-5^\circ$  превышающим угол, заданный на режущей кромке, или фрезерованием с образованием уступа, на  $0,1-0,2$  мм превышающего припуск на заточку твердого сплава. Для черновых фрез, не требующих алмазной доводки, нож затачивается одновременно по пластинке и по державке кругами, из карбида кремния (64С 25 СМ1 - МЗ 8 КЗ). Для получистовых и чистовых фрез предпочтительной является схема заточки вначале по державке кругом из электрокорунда (24А 25 СМ2 6 К5) под углом  $\alpha + (3 + 5^\circ)$ , затем по пластинке алмазным кругом на металлической связке (АСВ 80/63 100% МВ1) под углом  $\alpha$ . Вся обработка ведется с охлаждением. Возможен также процесс предварительной заточки задних поверхностей кругом из карбида кремния (63С 40 СМ1 8 КЗ) под углом  $\alpha + (2 + 3^\circ)$  по пластинке и державке с последующей доводкой фаски на пластинке шириной  $1-2$  мм под углом  $\alpha$ , выполняемой алмазным кругом на бакелитовой

связке (АСО 50/40 50% Б1). Обработка ведется без охлаждения. При алмазной электрохимической заточке оправдывает себя одновременная обработка пластинки и державки под одним углом  $\alpha$  за один переход. Применяют круг на токопроводящей металлической связке (например, АСВ80/63 100% МВ1), скорость подачи врезания 1-2 мм/мин (при заточке главной кромки) и 5-6 мм/мин (при заточке переходной кромки). Фаска на передней поверхности затачивается (после заточки задних поверхностей) алмазным кругом на бакелитовой связке. В случае чрезмерного износа фрезы, а также после замены нескольких ножей перед заточными операциями проводят круглое шлифование кругами ПП из карбида кремния.

**Концевая фреза** (рис. 5.35) – многозубый инструмент, предназначенный для обработки пазов и фасонных поверхностей. Винтовые кромки являются главными режущими кромками с  $\varphi = 90^\circ$  и углом наклона  $\omega = 30 + 45^\circ$ .

Концевые фрезы диаметром от 5 мм имеют на торце прямолинейные вспомогательные режущие кромки с углом  $\psi_1 = 2 + 4^\circ$ . Между главными (винтовыми) и вспомогательными (торцовыми) режущими кромками располагают-

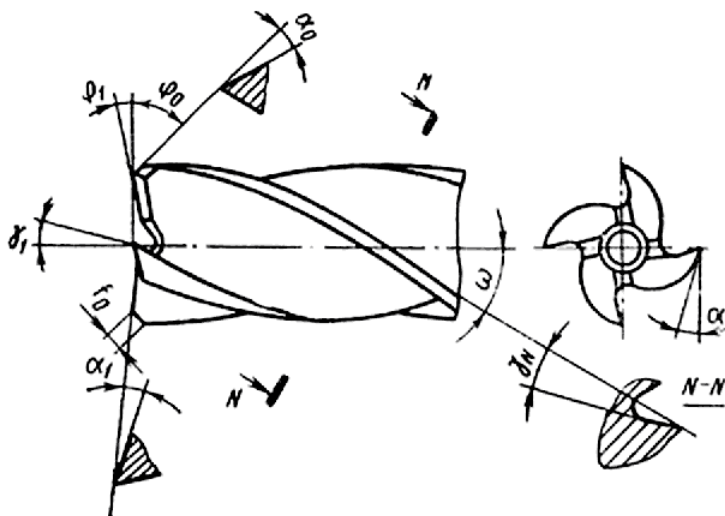


Рис. 5.35. Геометрические параметры концевой фрезы

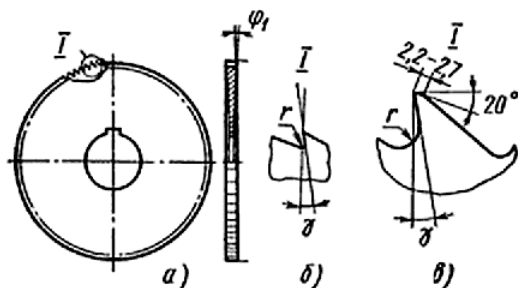


Рис. 5.36. Геометрические параметры отрезной фрезы:  
а – общий вид; б – малый зуб; в – средний и крупный зуб

ся переходные кромки с углом  $\varphi_0 = 45^\circ$  при  $f_0 = 0,5 + 1,0$  мм. Рабочую часть концевой фрезы делают цельной из быстрорежущей стали или твердого сплава, или составной с винтовыми твердосплавными пластинками, напаянными на стальной корпус. Задний угол винтового зуба  $\alpha = 8 + 15^\circ$ . Передний угол  $\gamma_N = 12 + 18^\circ$  задают в нормальной плоскости, перпендикулярной винтовой линии режущей кромки. Передние и задние углы вспомогательной (торцевой) и переходной кромок задают в нормальных плоскостях, перпендикулярных этим кромкам:  $\gamma_{1N} = 6 + 17^\circ$ ,  $\alpha_1 = 8 + 12^\circ$ ;  $\alpha_0 = 10 + 15^\circ$ . Число зубьев у концевых фрез  $z = 3 + 6$ .

Износ концевых фрез протекает преимущественно по задним поверхностям, причем оптимальная ширина фаски износа не должна превышать  $0,12D$  при черновом и  $0,08D$  при чистовом фрезеровании. Заточке подвергаются задние поверхности винтовых, торцовые, торцовые и переходные кро-

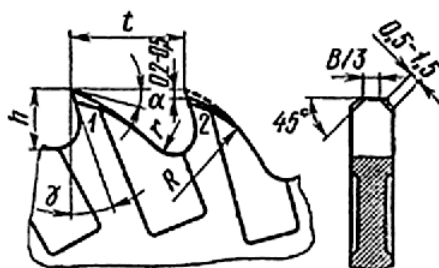


Рис. 5.37. Геометрические параметры дисковой сегментной пилы

## Глава 5. Качество заточки инструмента и изготовления деталей

мок. Передние поверхности перетачиваются реже. Технические требования на заточку концевых фрез приведены в табл.5.7.

**Дисковая пила** предназначена для фрезерования узких пазов и распиловки металла. Цельные пилы диаметром от 50 до 250 мм называются прорезными и отрезными фрезами (рис. 5.36).

Пилы диаметром от 275 мм изготавливают сборными с рабочей частью в виде сегментов, содержащих группу из 4-8 зубьев (рис. 5.37). Отрезные фрезы и сегментные пилы работают в тяжелых условиях, обусловленных низкой жесткостью диска пилы и недостаточным пространством для размещения стружки.

У отрезных и прорезных фрез с мелким зубом спинка зуба очерчена прямой, задний угол достигает 30-35°. У отрезных фрез со средним и крупным зубом спинка составлена из двух прямых, и задний угол равен 20°. Вспомогательный задний угол на отрезных и прорезных фрезях отсутствует, и для уменьшения трения торцовые поверхности имеют поднутрение с углом  $\varphi_1 = 0^{\circ}05' + 1'$ . Передний угол у этих фрез  $\gamma = 5 + 15'$ . Технические требования на заточку фрез и пил приведены в табл. 5.8.

Профиль сегментных пил построен как сочетание криволинейных участков: дуги большого радиуса  $R$  и дуги малого радиуса  $r = 0,25t$  ( $t$  – шаг зубьев). Высота зуба  $h = (0,35 + 0,45)t$ . Передний и задний углы выбирают в зависимости от обрабатываемого материала.

Таблица 5.8  
Технические требования на заточку  
отрезных и прорезных фрез  
и дисковых сегментных пил нормальной точности

Номинальный диаметр фрезы, мм	Радиальное биение зубьев, мм, не более	
	смежных	противоположных
32-40	0,05	0,08
50-125	0,06	0,10
160-250	0,08	0,12
250-350		0,2
400-510		0,25
610-800		0,30
1000-1250		0,40
1430-1600		0,50
2000		0,80

**Примечание:** допусковые отклонения передних и задних углов  $\pm 2^{\circ}$ , шероховатость передней поверхности  $Ra = 1,25$  мкм



мого материала обычно в пределах  $\gamma = 10 + 28^\circ$ ,  $\alpha = 5 + 15^\circ$ . При  $\alpha = 5 + 6^\circ$  принимают  $R \approx 0,85t$ ; при  $\alpha = 14 + 16^\circ$   $R \approx 2t$ . При задних углах, превышающих  $20^\circ$ , спинка очерчивается по прямой.

Для облегчения условий резания и разделения стружки по ширине соседние зубья сегментной пилы имеют различную форму режущей части: прорезные зубья имеют с двух сторон переходные кромки в виде фасок  $B/3$ , зачищающие зубья имеют небольшие упрочняющие фаски  $0,5-1,5$  мм, но их главная кромка занижена по отношению к прорезному зубу на  $0,2-0,5$  мм, а для легких сплавов – на  $0,05-1,0$  мм. Нормальные задние углы на переходных кромках равны  $4-7^\circ$ .

Пилы изнашиваются преимущественно по задней поверхности, однако для сохранения объема стружечных канавок переточка пил ведется по всему профилю зуба.

Значительное распространение получили станки, работающие методом огибания, на которых обработка ведется торoidalным кругом с прерывистым вращением пилы: по передней поверхности – на невращающейся пиле (рис. 5.38, а), по задней поверхности – на вращающейся пиле (рис. 5.38, б). На станках с непрерывным вращением пилы формообразование передней (рис. 5.38, в) и задней (рис. 5.38, г) поверхностей происходит при сочетании вращательного движения зуба пилы и поступательного движения тороидального шлифовального круга. Принимают радиус профиля круга  $r_{кр} = 0,25t$ , ширину круга  $b \approx 0,5t$ , где  $t = (\pi D)/z_k$  – шаг зубьев.

Концевые фрезы затачивают в центрах по передним и задним поверхностям винтовых зубьев.

При заточке передней поверхности винтового зуба (рис. 5.39, а) для совмещения образующей конической поверхности шли-

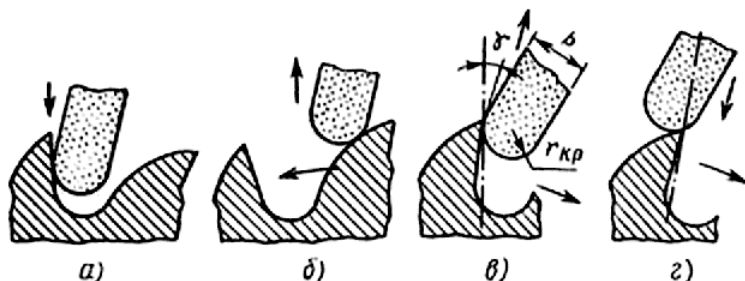


Рис. 5.38. Схема заточки зубьев дисковой пилы по передней и задней поверхностям

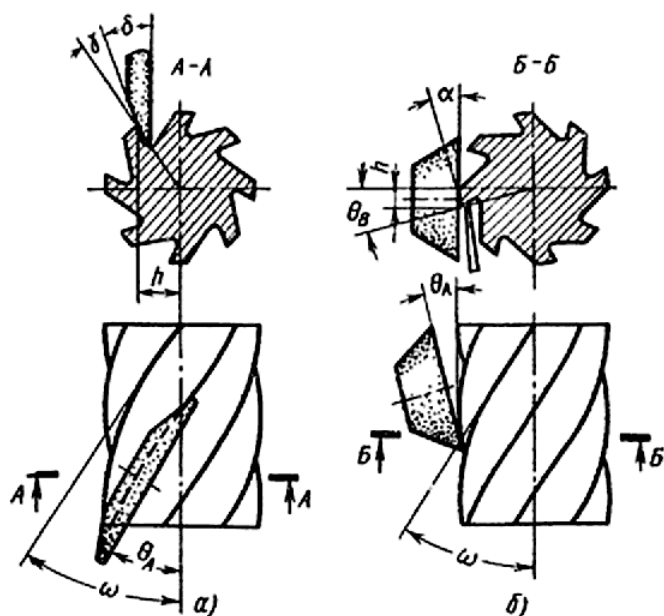


Рис. 5.39. Схемы заточки винтовых зубьев  
концевой или цилиндрической фрезы по поверхностям:  
а – передней; б – задней

фовального круга с передней поверхностью зуба необходимо шлифовальную головку повернуть на угол  $\theta_A$  (табл. 5.9) и сместить круг на величину

$$h \approx 0,5D \sin(\gamma_N + \delta) \cos \omega,$$

где  $\gamma_N = \gamma \cos \omega$ ,  $\gamma$  – передний угол в торцовом сечении,  $\delta$  – угол профиля круга,  $\omega$  – угол наклона винтового зуба.

Переднюю поверхность винтового зуба затачивают продольным перемещением стола, прижимая фрезу рукой к шлифовальному кругу.

При заточке задней поверхности винтового зуба (рис. 5.39, б) шлифовальную головку поворачивают на угол  $\theta_B$  (табл. 5.10), а фрезу поворачивают вокруг своей оси на угол  $\theta = \alpha$ , где  $\alpha$  – задний угол в торцовом сечении фрезы:  $\alpha = \alpha_N \cos \omega$ .

Т а б л и ц а 5.9

Угол установки  $\theta_A$  шлифовального круга  
при заточке передней поверхности винтового зуба

Угол наклона зубьев, $\omega$ , град	Угол $(\gamma+\delta)$ , град				
	20	24	28	32	35
10	9°25'	9°00'	8°50'	8°30'	8°15'
15	14	13 25	13 20	12 45	12 10
20	19	18 20	17 35	17 10	16 35
25	23 45	23	22 18	21 35	20 50
30	28 40	27 40	27	26	25 15
35	33 20	32 35	31 40	30 40	29 50
40	38 15	37 30	36 20	35 25	34 30
45	43	42 25	41 20	40 15	39 15

Т а б л и ц а 5.10

Угол установки  $\theta_A$  шлифовального круга  
при заточке задней поверхности винтового зуба

Угол наклона зубьев, $\omega$ , град	Задний угол в торцовом сечении фрезы, $\alpha$ , град				
	5	8	10	12	15
10	1°00'	1°30'	2°00'	2°15'	2°45'
15	1 20	2 10	2 40	3 15	4 00
20	2 00	3 00	3 45	4 20	5 25
25	2 20	3 45	4 40	5 35	6 50
30	2 55	4 40	5 40	6 50	8 30
35	3 30	5 35	6 55	8 15	10 10
40	4 10	6 40	8 20	10	12 15
45	5	8 55	9 50	11 45	14 35

Затачиваемый зуб фрезы вручную прижимают к упорке, установленной на шлифовальной головке перед рабочей поверхностью шлифовального круга около места его контакта с фрезой. Вследствие этого одновременно с продольным перемещением стола происходит поворот фрезы вокруг своей оси.

Настройка станка упрощается при повороте шлифовального шпинделя в вертикальной плоскости. Углы поворота шлифовального круга в вертикальной и горизонтальной плоскостях соответственно равны:  $\theta_A \approx \alpha_N \sin \omega$ ;  $\theta_B \approx \alpha_N \cos \omega$ .

Передние и задние поверхности торцового зуба фрез затачивают в малой универсальной головке (рис. 5.40) с использованием упорки или делительного диска.

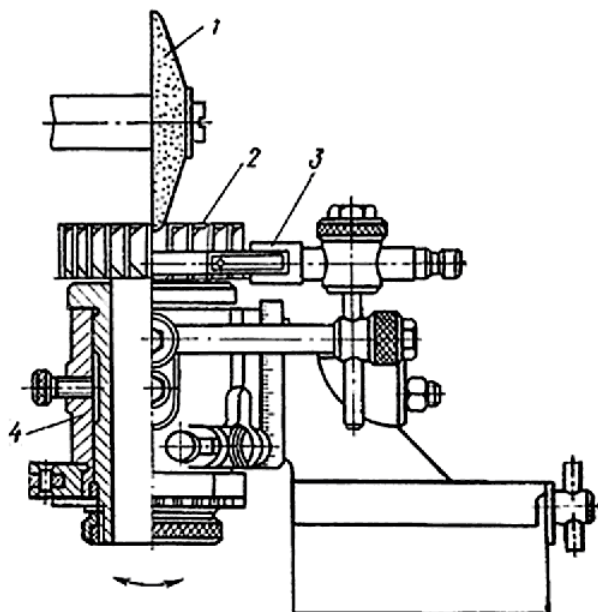


Рис. 5.40. Заточка передней поверхности торцового зуба трехсторонней пазовой фрезы в малой универсальной головке:  
1 – круг; 2 – фреза; 3 – упорка; 4 – головка

### 5.1.3.10. Резьбонарезной инструмент и технология его заточки

К основным видам режущих инструментов для нарезания резьбы относятся резьбовые резцы (стержневые, призматические и круглые), метчики, круглые плашки и резьбонарезные головки.

Износ метчиков (рис. 5.41) происходит по задней поверхности зубьев режущей (заборной) части и на первых двух нитках калибрующей части. После каждых двух переточек (затылования) по задней поверхности режущей части рекомендуется проводить одну заточку по передней поверхности. Технические требования на заточку метчиков приведены в табл. 5.11.

### 5.1.3.11. Заточка метчика

Заточка метчика по передней поверхности производится на универсальном станке торцом тарельчатого или чашечного круга (рис. 5.42, а).

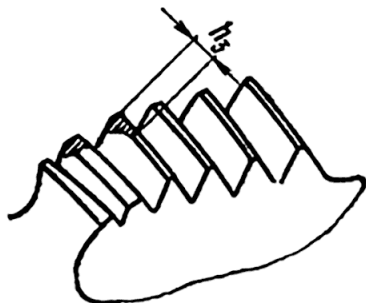


Рис. 5.41. Износ задней поверхности метчика

Передние поверхности метчиков затачивают в центрах методом многопроходного шлифования в две операции: черновое – абразивом, чистовое – эльбором. Эффективна полная эльборовая глубинная заточка метчиков мелких и средних диаметров.

Ширину рабочей поверхности круга  $b$ , во избежание завалов на вершине резьбы, следует брать меньшей, чем ширина затачиваемой поверхности  $B$ , которая должна составлять не менее двух высот резьбы. Для получения переднего угла необходимо расположить рабочую поверхность круга со смещением относительно оси метчика на величину  $h = (D/2)\sin\gamma \approx 0,1D\gamma$ . Для того чтобы избежать ступеньки на поверхности стружечной канавки, рекомендуется шлифовальный круг править с округлением  $r_{\text{н}} \approx r$ .

Таблица 5.11  
Технические требования на заточку метчиков

Проверяемые параметры	Диаметр метчика, мм	Тип метчика	
		машинно-ручной	гаечный
Биение режущей (заборной) части по наружному диаметру метчиков, установленных в центрах, мм	до 24	0,03	0,05
	свыше 24	0,04	0,06
Отклонения переднего угла $\gamma$ , град	до 6	$\pm 2^{\circ}30'$	$\pm 2^{\circ}30'$
	свыше 6	$\pm 2^{\circ}$	$\pm 2^{\circ}$
Отклонения заднего угла $\alpha$ на режущей части, град	до 52	$\pm 1^{\circ}$	$\pm 1^{\circ}$
Шероховатость передней и задней поверхностей метчиков $R_z$ , мкм, не более	до 52	3,2	3,2

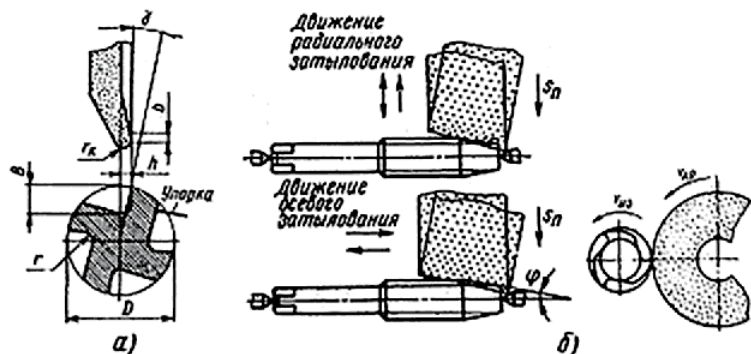


Рис. 5.42. Заточка метчика:

- а – расположение круга и метчика при заточке передней поверхности;  
 б – схемы затылования метчиков

Заточку (затылование) задних поверхностей режущей части метчика обычно производят периферией шлифовального круга прямого профиля (рис. 5.42, б) с радиальным или осевым затылованием. Затылование производится цилиндрическим кругом, ось которого располагается под углом  $\varphi$  к оси метчика, или коническим кругом, профиль которого заправляется под углом  $\varphi$ .

Задние поверхности режущей части метчика затачивают по конусу на специальном приспособлении (рис. 5.43, а), устанавливаемом в центрах универсально-заточного станка.

Величина заднего угла зависит от эксцентриситета  $e$  (рис. 5.43, б) и положения упорки. Метчик базируется в цен-

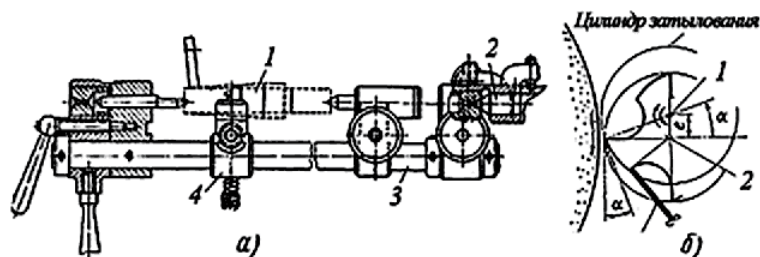


Рис. 5.43. Заточка метчика:

- а – приспособление для конической заточки задней поверхности режущей части метчика: 1 – метчик; 2 – центр станка; 3 – штанга; 4 – упорка;  
 б – схема затылования метчика: 1 – ось качения в центрах станка; 3 – упорка

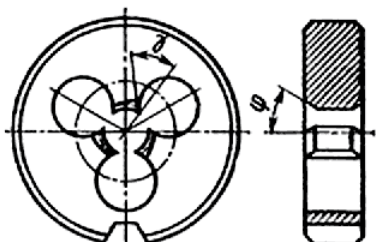


Рис. 5.44. Геометрические параметры плашек:  
 $2\varphi = 40 + 90^\circ$ ;  $\gamma = 10 + 15^\circ$  для твердых материалов;  
 $\gamma = 20 + 25^\circ$  для мягких;  $\alpha = 6 + 8^\circ$

трах приспособления и при заточке покачивается относительно оси.

### 5.1.3.12. Круглые плашки

Круглые плашки затачивают абразивными, алмазными и эльборовыми кругами (рис. 5.44).

Режущая часть выполнена в виде внутреннего конуса с углом  $2\varphi = 40 + 90^\circ$ , передний угол  $\gamma = 10 + 15^\circ$  – для твердых материалов,  $\gamma = 20 + 25^\circ$  – для мягких материалов и задний угол  $\alpha = 6 + 8^\circ$ .

Передний угол  $\gamma$  образуется при заточке передней поверхности режущей и калибрующей поверхностей зубьев. Задний угол  $\alpha$  создается затылованием режущей части плашек. Эти

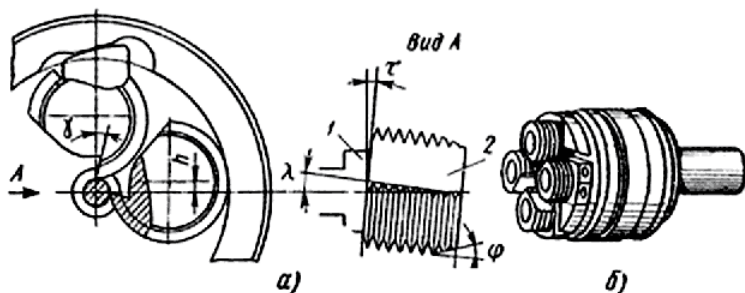


Рис. 5.45. Резьбонарезная головка с круглыми гребенками:  
 а – геометрические параметры круглой гребенки; б – общий вид головки;  
 1 – кулачок; 2 – гребенка



углы режущей части,  $\gamma$  и  $\alpha$ , измеряются в плоскости, перпендикулярной оси плашки.

Передняя поверхность плашки может быть прямолинейной или криволинейной. Диаметр шлифовального круга при заточке криволинейной поверхности может быть значительно большим, чем при заточке прямолинейной поверхности и берется обычно на 1-1,5 мм меньше диаметра стружечного отверстия.

Технические требования предусматривают: шероховатость передних и задних поверхностей зубьев на заборной части  $Ra \leq 1,25$  мкм, предельные отклонения угла  $2\varphi = \pm 2'30''$  и угла  $\gamma = \pm 10''$ .

### 5.1.3.13. Резьбонарезные головки

Представляют собой корпус со вставными круглыми гребенками, которые в конце прямого хода расходятся и при обратном ходе не соприкасаются с резьбой (рис. 5.45). Круглые гребенки – это круглые резцы, снабженные кольцевой резьбой, имеющей определенное расположение относительно опорного торца.

Угол режущей части  $\varphi = 20-25^\circ$ , передний угол в торцевой плоскости  $\gamma = 20 + 25^\circ$ , угол  $\lambda = 6 + 7^\circ$ . Задний угол  $\alpha$  обеспечивается расположением центра гребенки выше центра заготовки на величину  $h \approx 1,5$  мм и смещением вершины режу-

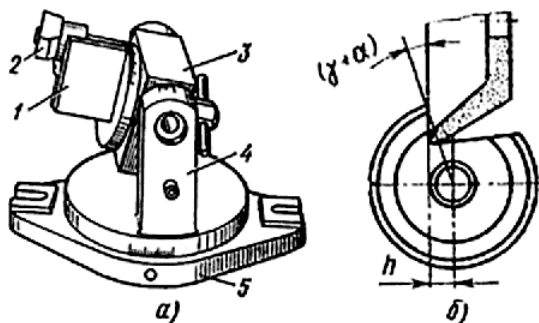


Рис. 5.46. Заточка круглых гребенок:

а – приспособление: 1 – кулачок; 2 – гребенка;

3 – державка; 4 – стойка; 5 – основание;

б – схема установки чашечного круга при заточке круглых гребенок



щей части гребенки. Гребенки затачивают только по передней поверхности в специальном приспособлении (рис. 5.46) в сборе с кулачками.

Припуск на переточку (0,2-0,25 мм) создается за счет предварительного поворота гребенки относительно кулачка.

Стержневые резьбовые резцы затачивают по задним поверхностям методом плоского фасонного шлифования с правой шлифовальной круга по копиру (рис. 5.47).

Призматические резьбовые резцы по передней поверхности затачивают торцом чашечного круга при установке резца в тисках или специальной державке.

#### 5.1.3.14. Качество заточенного инструмента

Качество поверхностного слоя твердосплавного инструмента определяют прежде всего отсутствием выкрашиваний и трещин. Отсутствие трещин определяется методом цветной дефектоскопии. Для этого на обезжиренную поверхность пластинки наносят красную краску, обладающую способностью проникновения в любую трещину. Краску наносят два раза с промежутком в 1,5 мин. На второй слой красной краски, пока она не высохла, наносят белую краску, обладающую высокой гигроскопичностью. Если в пластинке имеется трещина, то через 5-6 мин на белой краске образуется красная линия.

Состав красной краски: 800 мл топлива Т-1, 200 мл бензола, 10 г жирорастворимого темно-красного судана.

Состав белой краски: 50 г цинковых белил разводят в 200 мл бензола, затем добавляют 700 мл коллодия и 10 г ацетона.

Качество поверхностного слоя быстрорежущего инструмента определяется отсутствием прижогов, выявляемых визуально, методами металлографического или рентгеноструктурного анализа, контролем микротвердости.

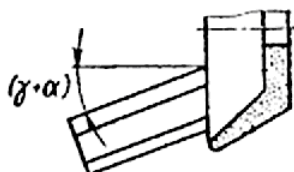


Рис. 5.47. Схема заточки призматического фасонного резьбового резца по передней поверхности

### **5.1.3.15. Безопасность труда при заточке инструмента**

При работе на шлифовальных станках опасность травматизма значительно больше, чем при работе на других металлорежущих станках, поэтому шлифовщик должен особо строго выполнять все требования, устраняющие причины производственного травматизма.

Обеспечение безопасной и безвредной работы возможно только в том случае, если каждый рабочий хорошо знает и соблюдает правила безопасности и гигиены труда.

Работа с абразивным инструментом представляет повышенную опасность в связи с высокими скоростями резания, образованием абразивной пыли и мелкой металлической стружки, возможностью разрыва шлифовального круга, наличием аэрозолей смазочно-охлаждающей жидкости и т. п.

Основные причины несчастных случаев при работе на заточных станках:

- разрыв шлифовального круга;
- соприкосновение рабочего с вращающимся шлифовальным кругом;
- удар движущимися частями станка;
- ненадежное крепление детали;
- несоблюдение правил электробезопасности;
- неправильное ношение одежды.

Для предотвращения разрыва шлифовального круга необходимо соблюдать правила его транспортирования, хранения и подготовки к работе. Шлифовальные круги с повреждениями, трещинами или отслаиваниями на станок не устанавливаются. Скорость, указанная в маркировке круга, является предельно допустимой, фактическая скорость вращения не должна превышать скорость, приведенную в маркировке. Шлифовальный круг, посадочные и крепежные отверстия тщательно очищают. На зажимные торцы круга накладывают прокладки из плотной бумаги или картона толщиной 0,5-1 мм. Прокладки должны полностью перекрывать зажимные поверхности и выступать по всей окружности не менее, чем на 1 мм.

Перед началом работы необходимо:

- выполнить все требования, связанные с подготовкой и установкой шлифовальных кругов;
- осмотреть рабочее место, убрать со станка и с пола все лишнее, что мешает работе;

## СЛЕСАРНОЕ ДЕЛО. Механическая обработка деталей на станках

- привести в порядок рабочую одежду, проверить исправность освещения рабочего места и местного освещения станка;
- проверить наличие и исправность предохранительных и защитных устройств; категорически запрещается работать на станке со снятым кожухом шлифовального круга;
- проверить и обеспечить смазку станка, подачу СОЖ, установить предохранительный прозрачный экран или надеть очки;
- убедиться в исправности пускового и остановочного устройств.

Во время работы необходимо:

- заточку проводить по режимам, указанным в операционной карте;
- новый шлифовальный круг прокрутить на рабочей скорости не менее 5 мин; запрещается стоять в плоскости вращения круга; вначале включать вращение круга, а затем механизм подачи;
- проверять надежность крепления приспособлений и детали в приспособлении;
- выполнять специальные требования, изложенные в инструкциях по безопасности труда.

### **5.2. ОСНОВЫ ТЕХНИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ**

Станок, обрабатываемая заготовка и рабочий инструмент представляют собой упругую систему. Кроме того, в процессе обработки заготовки присутствуют такие явления как тепло, износ инструмента, неравномерность структуры металла, зазоры и жесткость конструкции станка, дисбаланс вращающихся деталей и др., которые влияют на постоянство положения режущей кромки резца, фрезы, шлифовального круга относительно обрабатываемой детали. В результате этого съем металла будет производиться (в данной точке) на различную глубину и линейный размер детали будет не постоянный, а отличаться на какую-то величину.

Если инструмент получит перемещение вдоль обрабатываемой заготовки, то к перечисленным явлениям при обработке дополнятся непрямолинейностью перемещения, деформацией инструмента и станка от продольной составляющей силы резания и др., которые также отразятся на результате обработки заготовки в виде искажения геометрической формы.

Поэтому каждую обрабатываемую деталь необходимо проверить на соответствие требованиям чертежа.

В соответствии с системой допусков и посадок у деталей проверяют линейные размеры, форму и расположение поверхностей на соответствие требованиям чертежа.

Погрешности геометрических форм – эллиптичность, гранность, конусность, выпуклость, вогнутость и т.п. – должны охватываться допуском на размер обрабатываемой элементарной поверхности детали, который учитывается при установлении припусков на обработку.

Пространственные отклонения – кривизна детали, смещение и увод осей, непараллельность осей, перпендикулярность осей и поверхностей и тому подобные отклонения во взаимном положении элементов детали – не связаны с допуском на размер и должны учитываться отдельно при определении припусков на обработку.

### 5.2.1. Меры длины

Это средства измерений, имеющие постоянную длину, выполненную с высокой точностью. Меры длины являются исходными размерами для сравнения с ними размеров деталей машин. Благодаря высокой точности всех мер они обеспечивают единство всех измерений линейных размеров.

По конструкции меры длины разделяются на штриховые и концевые.

Штриховые меры длины – это многозначные меры, на которые нанесены шкалы с высокой точностью интервалов.

Концевые меры длины – это однозначные меры, размер которых образован противоположными измерительными по-

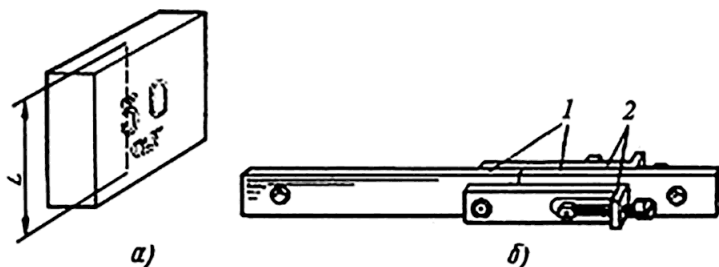


Рис. 5.48. Концевая мера длины

(L – номинальный размер длины меры):

а – мера длины < 100 мм; б – мера длины ≥ 100 мм; 1 – мера; 2 – стяжка

верхностями. Наиболее распространены в машиностроении *плоскопараллельные концевые меры длины* (рис. 5.48).

Особенность концевых мер длины заключается в том, что их измерительные поверхности имеют высокую плоскостность, параллельны между собой и обладают весьма малой шероховатостью. Эти свойства обеспечивают одинаковое для данной меры расстояние между измерительными поверхностями в любом месте, т. е. длины перпендикуляров, опущенных из любой точки одной измерительной поверхности на другую, одинаковы у данной меры.

Конструкция всех концевых мер длины практически одинакова – это пластины с двумя противоположными плоскопараллельными измерительными поверхностями. Концевые меры длины выпускаются размерами от 0,1 до 1000 мм. Концевые меры длины размерами от 0,1 до 100 мм изготавливают цельными, а свыше 100 мм – с двумя отверстиями для соединения стяжками.

*Притираемость* измерительных поверхностей концевой меры – это способность измерительных поверхностей концевых мер длины сцепляться друг с другом при смещении в плотно прижатом состоянии (рис. 5.49). Такое сцепление (притирание) возможно при высокой плоскостности и малой шероховатости их измерительных поверхностей и позволяет собирать из отдельных мер блоки концевых мер длины. Суммарный размер такого блока равен сумме размеров мер, вошедших в него.

Блоки из концевых мер длины можно получить практически любого требуемого размера. Силу сцепления между притертыми мерами до 100 мм применяют без дополнительного крепления. Усилие сдвига после притирания должно быть не менее 30...80 Н, сопротивляемость отрыву в перпендикулярном направлении – не менее 300...400 Н.

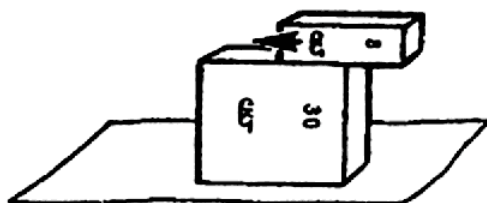


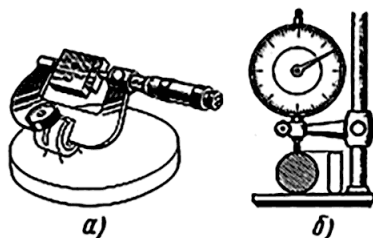
Рис. 5.49. Притирание концевых мер длины в блок

При составлении блока требуемого размера из концевых мер длины следует руководствоваться следующим правилом. Блок заданного размера необходимо составлять из возможно меньшего числа концевых мер. Вначале следует выбирать концевые меры, позволяющие получить тысячные доли миллиметров, затем сотые, десятые и, наконец, целые миллиметры. Например, для получения размера 24,375 мм необходимо из набора № 1 взять концевые меры в такой последовательности:  $1,005+1,37+2+20 = 24,375$  мм. При меньшем количестве концевых мер – меньше суммарная погрешность размера блока.

### 5.2.2. Применение плоскопараллельных концевых мер длины

*Проверка точности средств измерения длины.* В этом случае поверяемым прибором измеряют концевую меру (блок из мер) (рис. 5.50, а) Отсчитав показания поверяемого прибора, сравнивают его показания с длиной меры (блока из мер). Полученная разность между ними является погрешностью поверяемого средства измерения. Для такой проверки применяют так называемые образцовые концевые меры длины.

*Установка средств измерения длины на размер и на нуль.* Для этого концевую меру (блок из мер) применяют в качестве исходного размера, т. е. измерение производят методом сравнения с мерой (рис. 5.50, б). Номинальный размер концевой меры (блока) выбирают по возможности более близким к номинальному размеру измеряемой детали. Для этого применяют так называемые рабочие концевые меры длины.



**Рис. 5.50.** Применение плоскопараллельных концевых мер длины:  
а – проверка или установка на нуль микрометра от 25 до 50 мм;  
б – измерение диаметра вала индикатором методом сравнения с концевой мерой длины

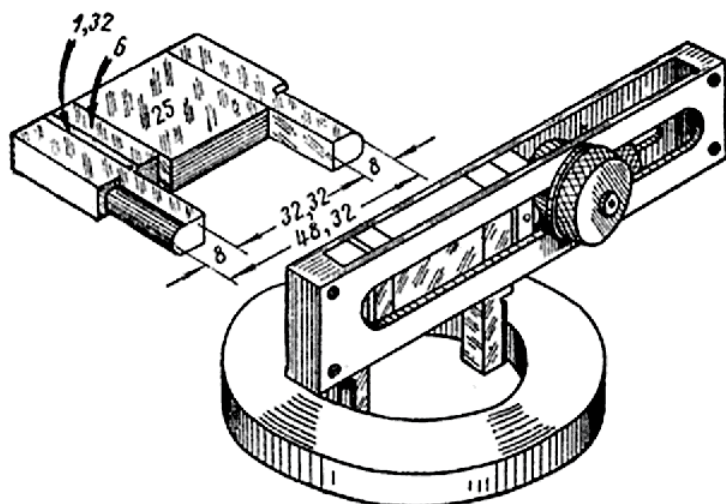
*Измерение линейных размеров деталей машин непосредственно концевыми мерами длины с принадлежностями. При составлении блока требуемого размера из концевых мер длины следует руководствоваться следующим правилом. Блок заданного размера необходимо составлять из возможно меньшего числа концевых мер. Вначале следует выбирать концевые меры, позволяющие получить тысячные доли миллиметров, затем сотые, десятые и, наконец, целые миллиметры. При меньшем количестве концевых мер – меньше суммарная погрешность размера блока.*

На рис. 5.51 дан пример измерения диаметров отверстий с использованием принадлежностей.

### 5.2.3. Средства измерения линейных размеров

*Поверочные линейки стальные. Отклонения от плоскостности и прямолинейности (отклонения формы плоских поверхностей) контролируют с помощью поверочных линеек (рис. 5.52).*

Поверочные линейки выпускают лекальные с двусторонним скосом (рис. 5.52, а); трехгранные (рис. 5.52, б) и четы-



**Рис. 5.51. Применение плоскопараллельных концевых мер длины для измерения диаметров отверстий**

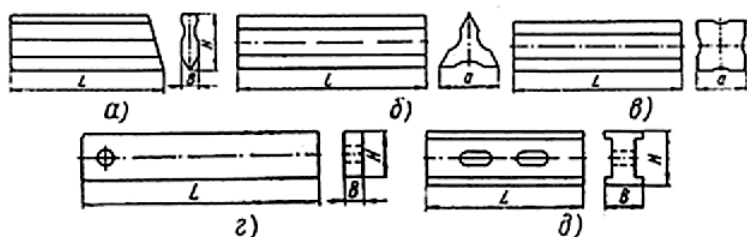


Рис. 5.52. Поверочные линейки

рехгранные (рис. 5.52, в); с широкой рабочей поверхностью (прямоугольного сечения (рис. 5.52, г) и двутаврового сечения (рис. 5.52, д)). Линейки выпускаются различных размеров ( $L \times H \times B$ , мм): а – до  $320 \times 40 \times 8$ ; б – до  $320 \times 30$ ; в – до  $320 \times 25$ ; г – до  $1000 \times 60 \times 12$ ; д – до  $4000 \times 160 \times 30$ .

При проверке «на просвет» (рис. 5.53, а) лекальную линейку укладывают острым скосом на проверяемую поверхность, а источник света помещают сзади линейки и детали. Минимальная ширина щели, улавливаемая глазом, составляет  $3 \dots 5$  мкм. Для контроля щели просвета обычно используют щупы.

Измерение отклонений от прямолинейности лекальными линейками «на просвет» требует навыка от исполнителя. Для выработки навыка оценивать на глаз по величине просвета величину отклонения от прямолинейности применяют образец просветов (рис. 5.53, б), который состоит из лекальной линейки 1, комплекта из четырех концевых мер длины с градацией 1 мкм, двух одинаковых концевых мер длины 2 и стеклянной пластины 3. При измерении между концевыми мерами длины и ребром линейки образуются «просветы», окрашенные в

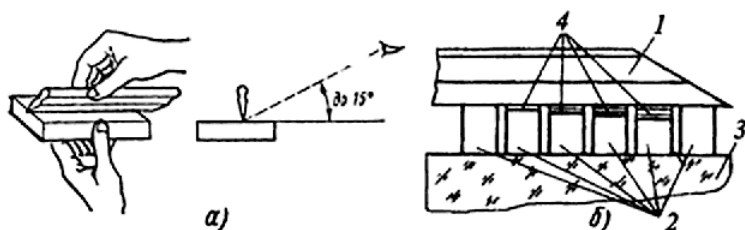


Рис. 5.53. Схема контроля отклонения от плоскостности лекальной линейкой «на просвет»: а – визуально; б – с образцом просветов



разные цвета вследствие дифракции видимого света и от величины зазора между линейкой и концевой мерой длины.

#### 5.2.4. Средства измерений отклонений от прямолинейности

В машиностроении для измерения отклонений от прямолинейности в плоскости для широких поверхностей при степенях точности от 1-й до 4-й с длинами до 500 мм в зависимости от эксплуатационной необходимости применяются *лекальные линейки* типов ЛД, ЛТ и ЛЧ (рис. 5.54, а). ЛД – это лекальные линейки с двойным скосом, ЛТ – лекальные линейки с тремя гранями и ЛЧ – четырехгранные линейки лекальные.

При измерении отклонений от прямолинейности для узких поверхностей большой длины или образующих тел вращения применяют *поверочные линейки с широкой рабочей поверхностью*: угловую трехгранную линейку (рис. 5.54, а) или линейку «чугунные мостики» (рис. 5.54, б), для узких поверхностей применяют линейку с двутавровым профилем для проверки по краске или щупом (рис. 5.54, в) или линейку прямоугольного сечения (рис. 5.54, г).

Измерение отклонений от прямолинейности этими линейками производят методом числовых величин или методом «на краску».

При использовании метода числовых величин, измерения про света производят линейкой (рис. 5.54, г) с помощью специальной головки 2, оснащенной индикатором часового типа 3 и блоков концевых мер длины 1 или линейкой (рис. 5.54, в) с помощью щупов.

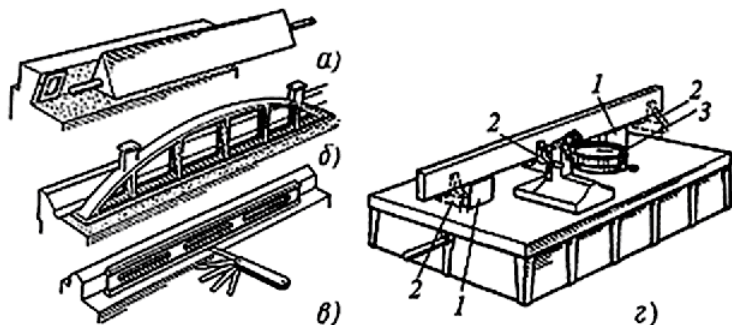


Рис. 5.54. Линейки с широкой измерительной поверхностью

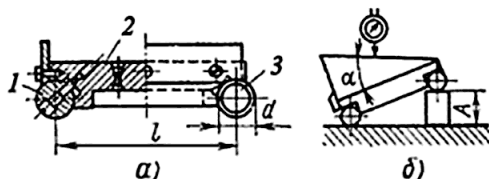


Рис. 5.55. Синусная линейка для контроля углов

Щупы – это пластины разной толщины, которые собирают в набор; их изготавливают различных толщин с размерами от 0,02 до 2 мм.

Синусные линейки применяют для точной проверки угловых калибров и изделий. Основной частью синусной линейки является столик 2, установленный на двух роликах 1 и 3 (рис. 5.55, а).

Для точной установки линейки на требуемый угол  $\alpha$  к плоскости поверочной плиты под один из роликов линейки подкладывают блок плиток – концевых мер длины, размер которого  $A$  определяют по формуле

$$A = l \sin \alpha$$

(рис. 5.55, б).

Синусные линейки выпускаются с расстоянием  $l$  между центрами роликов 100 мм при диаметре роликов  $d$  – 20 мм и  $l = 200$  мм при  $d = 30$  мм.

Погрешности измерения угла с помощью синусной линейки составляют:  $\pm 1,5$  для угла до  $4^\circ$ ;  $\pm 2$  – до  $10^\circ$ ;  $\pm 2,5$  – до  $20^\circ$ ;  $\pm 3,5$  – до  $30^\circ$ ;  $\pm 6$  – до  $45^\circ$ .

### 5.2.5. Измерительные инструменты

Измерительные инструменты можно разделить на следующие группы:

- штангенинструменты: штангенциркули, штангенглубиномеры, штангенрейсмусы, штангензубомеры;
- микрометрические инструменты: рычажные микрометры, резьбовые микрометры, нутромеры, глубиномеры;
- рычажно-измерительные инструменты-индикаторы, миллиметры, индикаторные скобы;
- плоскопараллельные концевые меры длины – измерительные плитки;

- угловой инструмент: конусные угломеры, синусные линейки, угломерные плитки;
- оптические приборы: инструментальные микроскопы, универсальные микроскопы, вертикальные оптиметры, оптические делительные головки, большой проектор;
- плоские стеклянные пластины (метод интерференции);
- одномерный инструмент: калибры, шаблоны.

### 5.2.5.1. Штангенциркуль

Штангенциркуль, показанный на рис. 5.56, а, состоит из стальной штанги (линейки) с миллиметровыми делениями, на конце которой имеются неподвижные губки 1 и подвижная рамка 3 с губками. Верхние губки штангенциркуля предназначены для измерения наружных (охватывающих) размеров (для валов), а нижние – для внутренних (охватываемых) размеров (для отверстий). Кроме подвижной рамки, имеется хомутик 5 микрометрической подачи. Винтом 4 этот хомутик можно закрепить на штанге. Грубая установка губок подвижной рамки 3 производится от руки при отпущенных винтах 2 и 4. Дальнейшее перемещение их до требуемого положения осуществляется вращением гайки 7 микрометрической подачи.

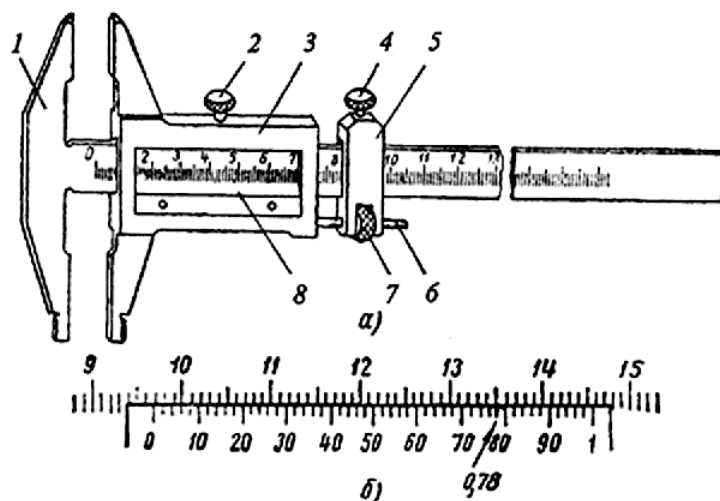


Рис. 5.56. Штангенциркуль (а) и нониус (б)

рометрической подачи, навертывающейся на винт 6. При этом хомутик 5 должен быть закреплен на штанге. Губки подвижной рамки 3 в окончательном положении закрепляются винтом 2. Нониус 8 имеет 50 делений, которые равны 49 мм. Каждое деление нониуса меньше миллиметрового деления штанги на 0,02 мм. Это значит, что у данного штангенциркуля цена деления составляет 0,02 мм. Для удобства пользования нониусом его деления замаркированы числами, указывающими количество сотых долей миллиметра, которым соответствует каждое деление, т. е. 0, 10, 20, 30 и т. д.

При измерении диаметра отверстий пользуются тупыми сторонами губок, вводя их в отверстие. К полученному расстоянию между губками добавляют их ширину. Эта величина маркируется на губках (обычно 10 мм).

Для определения размера отверстия считают в рамке полные деления штанги против нулевого деления нониуса (рис. 5.56, б). Их будет 9,6. Затем в рамке определяют, какое деление нониуса совпадает с делениями шкалы штанги. Это будет 78. Объединяем показания шкал. За нулевым показанием 9,8 ставим показания нониусной шкалы 78, получаем 9,678 мм. Так как точность измерений штангенциркуля обычно составляет 0,02 мм, то окончательный размер отверстия с учетом ширины губок будет  $9,68 + 10 = 19,68$  мм.

Кроме обычных штангенциркулей и других инструментов с нониусной шкалой и шкалой часового типа применяют также и электронные модели инструментов, которые выводят на экран в цифровом виде показания значений произведенного измерения (рис. 5.57).

При эксплуатации измерительных приборов следует помнить, что измерительные поверхности у наконечников должны быть чистыми, а измеряемые поверхности деталей должны быть чистыми и их температура не должна отличаться от температуры измерительных приборов. Недопустимо измерять

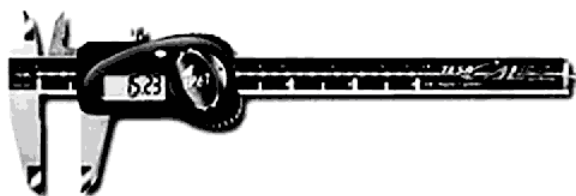


Рис. 5.57. Штангенциркуль с цифровым индикатором

горячие детали точными измерительными приборами. В руках измерительные приборы долго держать нельзя, так как это влияет на точность измерений. Не допускается измерять подвижные детали, потому что это опасно, приводит к быстрому износу измерительных поверхностей инструмента и к потере точности результатов измерения.

При кратковременном и длительном хранении измерений инструмент протирают мягкой ветошью с авиабензином и смазывают тонким слоем технического вазелина. Измеряющие поверхности наконечников отделяют друг от друга, а стопоры ослабляют. При длительном хранении инструменты обертывают промасленной бумагой.

Перед тем как приступить к измерениям рекомендуют проверить нуль показаний средств измерения. Для этого предварительно настраивают показания шкалы инструмента на измеряемый размер по мерным плиткам (плоскопараллельным концевым мерам) или по калиброванному кольцу или валу и таким образом определяют положение нуля при измерениях.

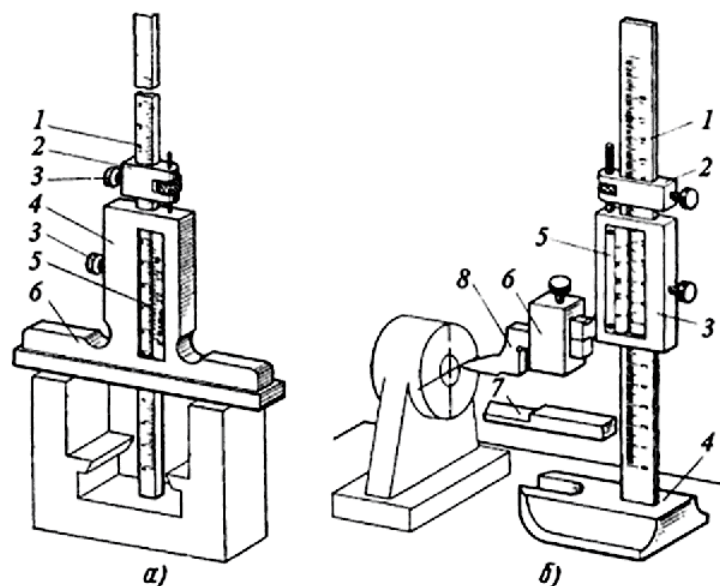


Рис. 5.58. Штангенглубиномер (а), штангенрейсмас (б)

### 5.2.5.2. Штангенглубиномер

Основанием штангенглубиномера является рамка 4, снабженная снизу опорой 6 с измерительной поверхностью (рис. 5.58, а). Сквозь рамку проходит штанга 1 со шкалой и измерительной поверхностью на торце. Штанга 1 передвигается перпендикулярно измерительной поверхности опоры 6. Нониус 5 нанесен на отдельной пластине, укрепленной в рамке 4 параллельно шкале штанги. Микроподача 2 рамки 4 и зажим 3 на штангенглубиномере такие же, как и на штангенциркуле (рис. 5.56).

Штангенглубиномеры применяются для прямого измерения глубины выемок и высоты уступов.

### 5.2.5.3. Штангенрейсмас

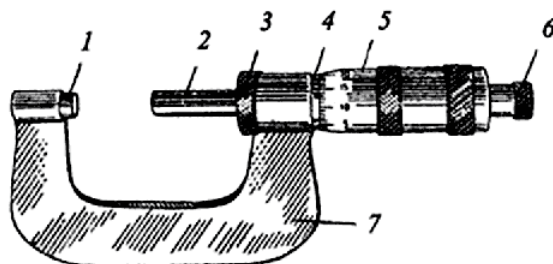
Опорной деталью штангенрейсмаса (рис. 5.58, б) является основание 4, в котором укреплена штанга 1 со шкалой, расположенная перпендикулярно опорной плоскости основания. По штанге передвигается рамка 3, имеющая выступ для крепления ножек. В рамке параллельно шкале штанги размещен нониус 5, нанесенный на отдельной пластинке. Микроподача 2 рамки здесь применена такая же, как на штангенциркуле (рис. 5.56) и на штангенглубиномере (рис. 5.58, а). На выступе рамки с помощью державки 6 закрепляются ножки измерительная 7 и разметочная 8. Шкалы штанги и нониуса на штангенрейсмасе выполняют такие же, как и на штангенциркулях и штангенглубиномерах.

### 5.2.6. Микрометрические инструменты

*Микрометры* для наружных измерений (рис. 5.59), микрометрические нутромеры и микрометрические глубиномеры относятся к микрометрическим инструментам.

Отсчетное устройство микрометрических инструментов состоит из втулки 1 (рис. 5.60, а) и барабанчика 2. На втулке по обе стороны продольной линии нанесены две шкалы с делениями через 1 мм – так, что верхняя шкала сдвинута по отношению к нижней на 0,5 мм.

На скошенном конце барабанчика имеется круговая шкала с 50 делениями. При вращении барабанчик перемещается вдоль втулки и за один оборот проходит путь, равный 0,5 мм. Следовательно, цена деления шкалы барабанчика равна  $0,5:50 = 0,01$  мм.



**Рис. 5.59. Микрометр для наружных измерений:**  
 1 – пятка; 2 – микрометрический винт; 3 – стопорная гайка;  
 4 – втулка; 5 – барабан; 6 – трещотка; 7 – скоба

При измерениях целое число миллиметров отсчитывают по нижней шкале, половины миллиметров – по верхней шкале втулки, а сотые доли миллиметра – по шкале барабанчика. Число сотых долей миллиметра отсчитывают по делению шкалы барабанчика, совпадающему с продольной риской на втулке.

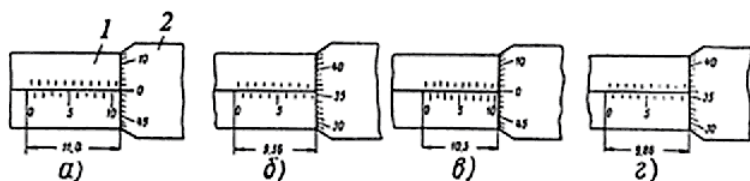
Примеры отсчета по шкалам микрометра приведены на рис. 5.60.

Чтобы при измерении микрометром ограничить силу натяжения на измеряемую деталь и обеспечить постоянство этой силы, микрометр снабжается трещоткой.

Перед тем как прочесть показания микрометра, барабанчик закрепляют с помощью специального стопора.

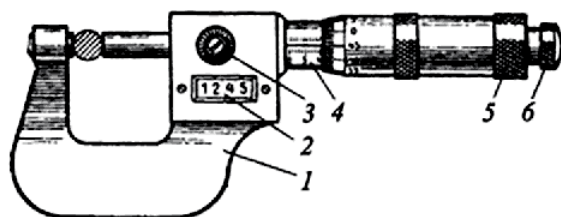
Для оперативности работы применяют микрометры с цифровой индикацией (рис. 5.61).

С применением принципа микрометрических винта и шкалы также построены приборы для измерения глубины и диаметра отверстий.



**Рис. 5.60. Методика отсчета размеров по шкале микрометрического инструмента:**  
 а – 11,0 мм; б – 9,36 мм; в – 10,5 мм; г – 9,86 мм

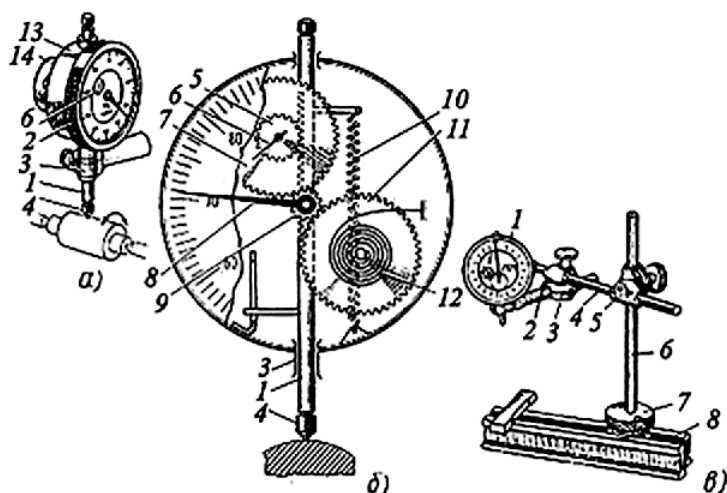




**Рис. 5.61. Микрометр для наружных измерений с цифровой индикацией:**  
 1 – скоба; 2 – цифровой индикатор; 3 – стопорный винт;  
 4 – микрометрическая шкала; 5 – барабан; 6 – трещотка

### 5.2.7. Измерительные головки-индикаторы

*Индикатор часового типа* (рис. 5.62) – измерительная головка – устройство, имеющее механическую передачу, которая преобразует малые перемещения измерительного наконечника в увеличенные перемещения стрелки, которые удобно считывать на шкале циферблата.



**Рис. 5.62. Индикатор часового типа:**  
 а – при измерении отклонений цилиндрической поверхности вала;  
 б – конструкция измерительной головки;  
 в – стойка для измерения измерительной головки



По внешнему и внутреннему устройству этот индикатор похож на карманные часы, почему за ним и закрепилось такое название.

Конструкция измерительной головки состоит из корпуса 13, внутри которого смонтирован преобразующий механизм – реечно-зубчатая передача, в состав которой входит перемещаемый по направляющей втулке 3 стержень 1 с измерительным наконечником 4 на внешней стороне и рейкой – на внутренней. Рейка входит в зацепление с повышающей передачей зубчатых колес 5, 7 и 9. На оси колеса 9 закреплена стрелка 8. Величина поворота стрелки 8 отсчитывается по круговой шкале – циферблату. Для возврата стрелки в исходное положение служит пружина 12, которая связана колесом 11 с колесом стрелки 9. Этой системой колес пружина заводится при перемещении стержня 1 вверх.

Для установки индикатора против отметки «0» круговая шкала поворачивается ободком 2.

Круговая шкала индикатора часового типа состоит из 100 делений, цена каждого деления 0,01 мм. Это означает, что при перемещении измерительного наконечника на 0,01 мм стрелка индикатора передвинется на одно деление круговой шкалы.

Обычно измерительной головкой измеряют неровности в пределах 2-3 больших делений шкалы. Но в некоторых случаях (например, при измерении эксцентрика) пользуются также малой шкалой 6, каждое деление которой составляет 1 мм.

Измерительную головку 1 для измерений устанавливают на стойке (штативе) (рис. 5.62, в) с помощью втулки 3 или ушка 14 на корпусе 13 (рис. 5.62, а). Горизонтальные штанги 2 и 4 с помощью муфт 3 и 5 жестко соединяют со стойкой 6, которую гайкой 7 закрепляют в пазу призмы 8. Измеряемый размер по высоте выверяют по концевой мере длины.

*Индикатор с боковой шкалой* (рис. 5.63) состоит из корпуса 1, величина поворота стрелки 2 отсчитывается по круговой шкале – циферблату. Для установки индикатора против отметки «0» круговая шкала поворачивается ободком 3.

Индикаторная головка имеет отличия от головки на рис. 5.62, а меньшими габаритами и возможностью измерений в вертикальной, горизонтальной и наклонной плоскостях в результате поворота на любой угол измерительной ножки 5. Круговая шкала индикатора часового типа состоит из 40 делений, цена каждого деления 0,01 мм.

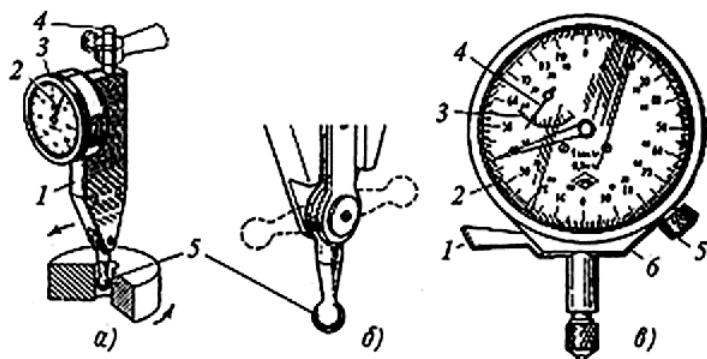


Рис. 5.63. Индикатор с боковой шкалой:  
 а – в рабочем положении; б – конструкция измерительной ножки;  
 в – измерительная головка с арретиром

Индикатор с арретиром (рис. 5.63, в) выпускают двух видов – однооборотные и многооборотные. Головки состоят из корпуса 6, арретира 1, круговой шкалы 2 с дополнительной шкалой 3 для отсчета оборотов главной стрелки, стрелка 4 для малой шкалы, винт 5 для установки круговой шкалы в положение «0».

Круговая шкала индикатора часового типа состоит из 100 делений, цена каждого деления 0,001 мм. Это означает, что при перемещении измерительного наконечника на 0,001 мм стрелка индикатора передвинется на одно деление круговой шкалы.

Головки этого вида применяют линейных размеров и отклонений формы поверхности деталей с допусками от 3 до 20 мкм.

Измерительную головку для измерений устанавливают на стойке (штативе) с помощью втулки (рис. 5.62, в). Если возникает потребность установить измеряемую деталь или концевую меру под наконечник, то, нажимая на арретир, поднимают измерительный стержень вместе с наконечником.

Нутромер индикаторный (рис. 5.64) имеет основание в виде полого цилиндра 4, с ручкой 6, покрытой теплоизоляцией. В верхней части цилиндра имеется присоединительное отверстие с зажимом 8. В это отверстие вводится и закрепляется втулка корпуса измерительной головки 7. В нижней части основания цилиндра расположен прибор-измеритель, который состоит из корпуса 9, центрирующего мостика 11 и воспринимающих измерительных стержней-наконечников – неподвижных

ного 10 и подвижного 1, которые расположены на одной геометрической оси и под действием пружины раздвигаются и прижимаются к цилиндрической поверхности измеряемого отверстия.

Движение наконечника 1 через рычаг 2 и шток 3 передается измерительному наконечнику измерительной головки 7. Цен-

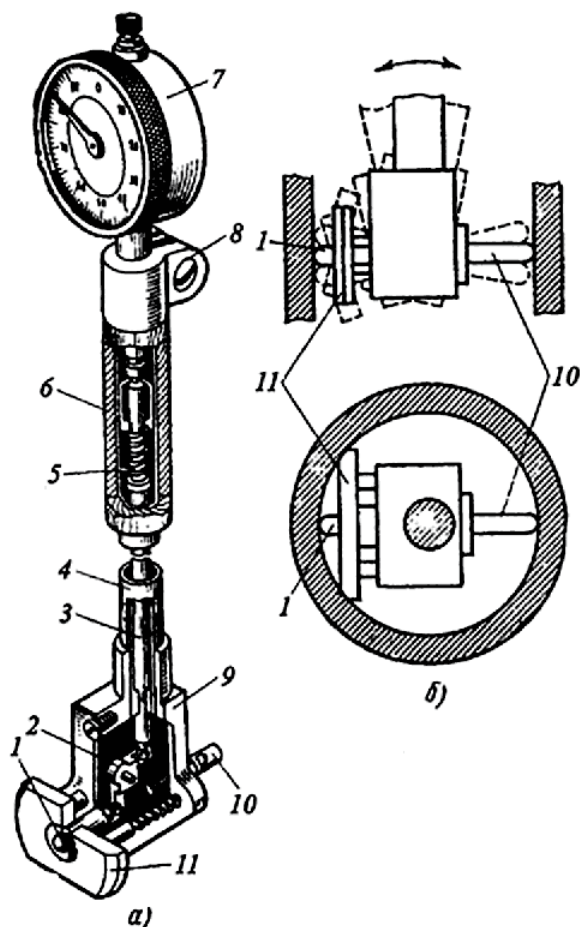


Рис. 5.64. Нутромер индикаторный

трирующий мостик 11 совмещает ось измерения нутромера (на три точки), которая является общей осью измерительных стержней-наконечников 1 и 10 с диаметром отверстия измеряемой детали (рис. 5.64, б). Исполнителю остается только покачать нутромер в осевой плоскости в продольном сечении (рис. 5.64, б) и найти при этом минимальное положение по стрелке измерительной головки 7, т. е. положение при котором ось измерения нутромера перпендикулярна обеим образующим измеряемого отверстия. При этом будет зафиксирован действительный размер отверстия в измеряемом сечении.

Для измерения отверстий диаметром от 3 до 18 мм изготавливают нутромеры с шариковыми вставками вместо центрирующего мостика 11.

Для установки индикаторных нутромеров на размер и в положение «0» применяют комплекты из блоков концевых мер длины или эталонные (калиброванные) установочные кольца, подобранные по номинальному размеру измеряемого отверстия.

*Глубиномер индикаторный* (рис. 5.65). Основанием 1 этого средства измерений является пластина с точной опорной поверхностью. Перпендикулярно этой поверхности укреплена измерительная головка 2, соединительная втулка которой 3 закреплена зажимом 3.

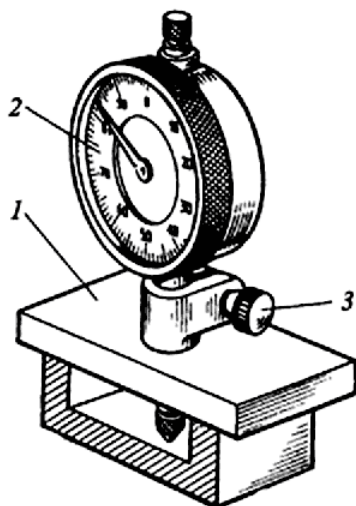


Рис 5.65. Глубиномер индикаторный

мых глубин применяют сменные измерительные стержни, которые имеются в комплекте, или комплекты из блоков концевых мер длины или эталонные (калиброванные) меры (цилиндры, плитки), подобранные по номинальному размеру измеряемой глубины.

Индикаторные глубиномеры применяют для измерения глубин выточек, выемок, пазов, расстояний между торцами, направленными в одну сторону, и др.

### 5.2.8. Калибры

Калибры применяют для оперативного определения соответствия размеров деталей размерам, заданным чертежом.

Предельные калибры – калибры, с помощью которых определяют, в каких пределах находится измеряемый размер детали, но не величину самого размера.

Калибры для проверки валов называют скобами (рис. 5.66, а). Двусторонняя предельная скоба имеет две пары измерительных плоскостей. Расстояние между ними у одной пары равно наименьшему предельному размеру детали, у другой – наибольшему. Если измеряемый вал проходит в большую сторону скобы, а его размер не превышает наибольшего предельного размера, а если не проходит, значит, этот размер слишком велик. Если же вал проходит также и в меньшую сторону скобы, то это значит, что вал изготовлен по своему размеру меньше наименьшего предельного размера и является браком.

Сторона скобы, соответствующая наименьшему предельному размеру, называется *непроходной* (ее маркируют – НЕ), противоположная сторона, соответствующая наибольшему

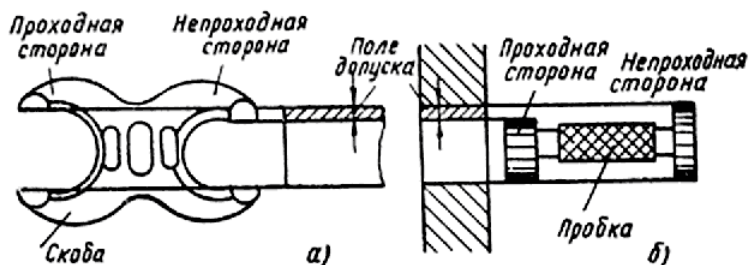


Рис. 5.66. Принципы построения предельных калибров:  
а – скоба; б – пробка

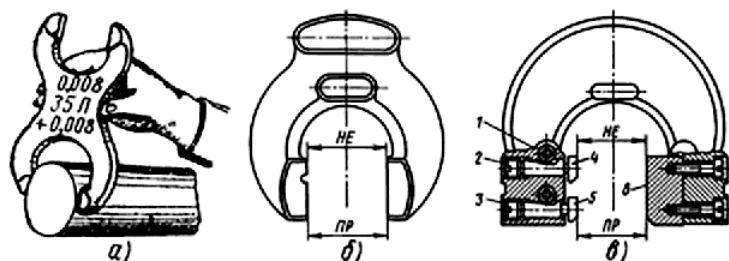


Рис. 5.67. Принципы измерения:

а – двусторонней скобой; б – односторонней скобой; в – регулируемая скоба

размеру – *проходной* (ее маркируют – ПР). Вал признается годным, если скоба (рис. 5.67, а), опускаемая на него проходной стороной, скользит по валу под действием своего веса и если вал не проходит через непроходную сторону этой скобы.

Вместо двусторонних скоб часто применяют односторонние (рис. 5.67, б), у которых проходной размер расположен с внешней стороны скобы, а непроходной – с внутренней. Передними измерительными поверхностями такой скобы проверяют наибольший предельный размер, а задними – наименьший. Эти скобы имеют меньший вес и значительно ускоряют процесс контроля.

Имеются регулируемые предельные скобы (рис. 5.67, в). При износе такой скобы ее размер можно регулировать, т. е. восстановить первоначальный размер. Размеры ПР и HE настраиваются перемещением измерительных головок 4 и 5 относительно поверхности б, которые фиксируются винтами 1, 2, 3. Скобы можно также устанавливать и на другие номинальные размеры в определенных пределах.

Калибры для проверки отверстий называют *пробками* (рис. 5.66, б). Рабочая часть пробки большей длины называется *проходной* стороной. Ее диаметр равен наименьшему предельному размеру отверстия, следовательно, она должна входить в отверстие. Рабочая часть меньшей длины, диаметр которой равен наибольшему предельному размеру, называется *непроходной*, или *браковочной* стороной. Эта сторона пробки не должна входить в проверяемое отверстие. На рукоятке, которой соединяются пробки, наносят маркировку соответственно ПР и HE.



### 5.2.9. Шаблоны

Это плоские измерители, изготовленные из листовой стали (рис. 5.68). Ими пользуются для проверки фигурных контуров, углов, радиусов закруглений, ширины и высоты уступов и других элементов профиля.

Проверка шаблоном ведется на просвет между его контуром и контуром измеряемой детали. При полном совпадении контуров детали и шаблона просвет между ними будет равно-

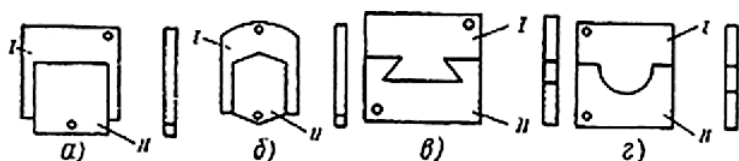


Рис. 5.68. Шаблоны (I) и контршаблоны (II):  
а – для прямоугольного бруска; б – для шестигранника;  
в – для паза «ласточкин хвост»; г – для желоба

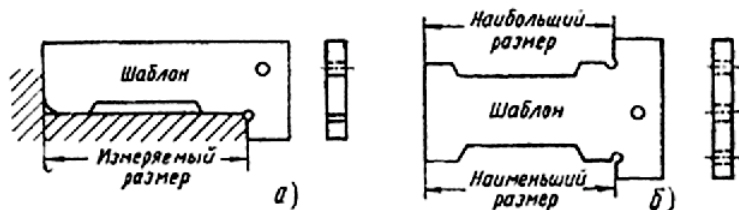


Рис. 5.69. Шаблоны:  
а – нормальный; б – предельный

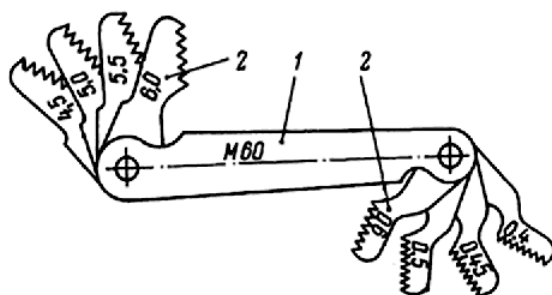


Рис. 5.70. Резьбовые шаблоны

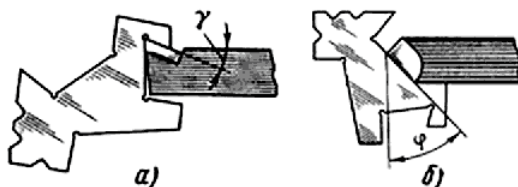


Рис. 5.71. Шаблоны для проверки углов реза:  
а – переднего; б – главного в плане

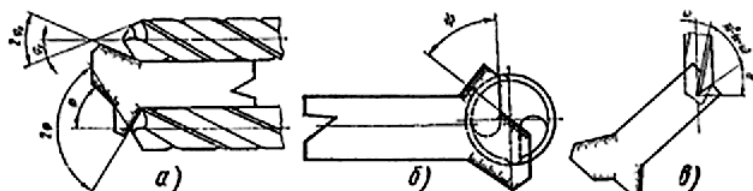


Рис. 5.72. Шаблоны для проверки углов сверла:  
а – при вершине сверла; б – наклона поперечной кромки;  
в – заднего угла

мерным и очень незначительным. Обычно шаблон имеет контршаблон, по которому можно следить за износом шаблона.

Для сокращения времени на измерение шлифуемой детали, особенно сложного профиля, вместо универсального измерительного инструмента, а также в условиях массового и серийного производства, часто пользуются шаблонами, как предельными калибрами. На рис. 5.69 показаны нормальный и предельный шаблоны.

Резьбовые шаблоны (рис. 5.70) – пластинки 2, каждая из них имеет зубцы, соответствующие определенному профилю резьбы, который обозначен на плоскости шаблона. Набор шаблонов для метрической резьбы или дюймовой резьбы закрепляют в кассету 1.

Шаблоны для проверки углов реза (рис. 5.71) и сверла (рис. 5.72) позволяют оперативно проверять углы во время заточки реза, не отходя от заточного станка.

#### 5.2.10. Индикаторная скоба – пассаметр

Индикаторная скоба – пассаметр предназначена для измерения наружных размеров деталей с повышенной точностью (рис. 5.73).



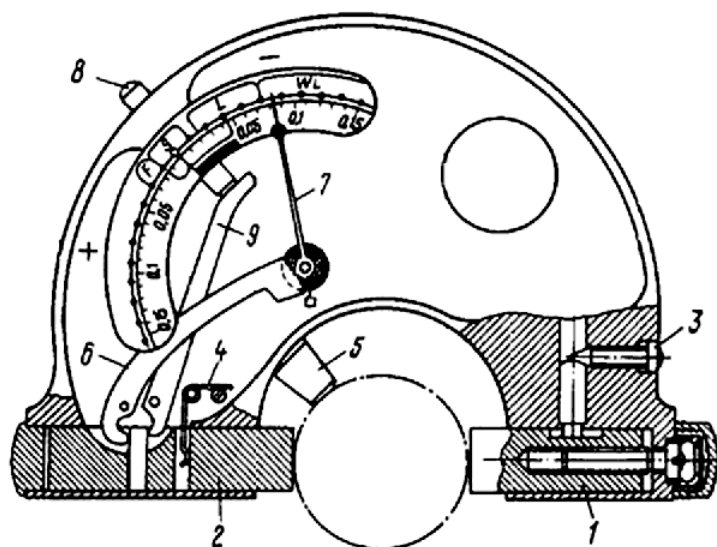


Рис. 5.73. Индикаторная скоба – пассаметр

Прибор состоит из двух частей: измерительной и регистрирующей. Измерительными плоскостями служат два штифта 1 и 2, между которыми вставляют проверяемую деталь. Штифт 1 устанавливают на каждый размер предварительно по соответствующему эталону (калибр или набор концевых плиток), после чего закрепляют неподвижно с помощью винта 3. Штифт 2 подъемный и перемещается в горизонтальной плоскости под давлением измеряемой детали, к которой его прижимает пружина 4. Третий штифт 5 – неподвижный, не участвует в измерении и служит опорой для детали. Перемещение штифта 2 передается через рычаг 6 стрелке 7, которая и вызывает соответствующее отклонение на шкале прибора. Перед тем как приступить к измерению, нажимают кнопку 8, которая давит на рычаг 9, отчего штифт 2 отходит в сторону, и деталь свободно проходит в прибор. После этого кнопку отпускают, и штифт 2 приближается к измеряемой поверхности. Перемещая затем пассаметр вдоль детали, производят несколько замеров, отмечая отклонения стрелки на шкале. Цена деления 0,002 мм, пределы измерения отсчетного устройства  $\pm 0,08$  мм с верхним

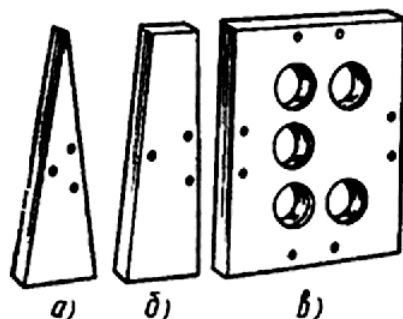


Рис. 5.74. Угловые меры-плитки

пределом измерения до 100 мм и цена деления 0,005 мм, пределы измерения отсчетного устройства  $\pm 0,15$  мм с верхним пределом измерения 125 и 150 мм.

#### 5.2.11. Средства измерения углов и конусов

Исходную точность выполнения угловых размеров обеспечивают угловые меры. Угловые меры – это меры, воспроизводящие единицу измерения угла в градусах.

Применяют наборы угловых призматических мер в виде **угловых плиток** с градацией 2', 1', 1' и 15". Набор состоит из 93 угловых плиток с номинальными углами до 90°. Угловые плитки изготавливают в виде пластин с узкими измерительными поверхностями, обработанными доводкой и образующие: острый угол (а) или острый угол со срезанной вершиной (б), или стороны четырехугольника (в) (рис 5.74).

Угловые плитки снабжены монтажными отверстиями для сборки их в блоки с помощью струбцин, при этом блоки можно собирать из двух или трех плиток и из угловой плитки с лекальной линейкой для собирания блока с углом дополнительно до 180°, а также применяют правильные шестигранные меры и многогранные меры с углами более 90°.

Для измерения отклонений от перпендикулярности, т. е. от угла 90°, широко применяют **угольники**. Угольники применяют следующих типов (рис. 5.75): УП – угольник плоский, УШ – угольник с широким основанием, УЛШ – угольник с широким основанием и лекальными вертикальными ребрами.

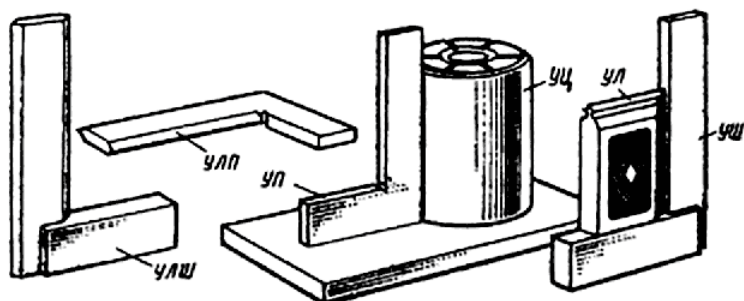


Рис. 5.75. Угольники

Для контроля углов угольников применяют угловую лекальную плитку УЛ и цилиндрический угольник УЦ на поверочной плите 1-го класса.

Угольниками пользуются для измерения отклонений от перпендикулярности поверхностей деталей в линейных единицах измерения, используя оценку «на просвет» и по щупам.

Угломеры с нониусом применяют для измерения углов в угловых единицах, которые отсчитывают по угловой шкале с помощью углового нониуса.

Универсальный угломер (рис. 5.76) имеет основание 7 со шкалой, зажим 4 и сектор 3, на котором укреплен нониус 8. Цена деления шкалы  $1^\circ$ , цена деления нониуса  $2'$ . К поверхностям измеряемой детали прикладывают измерительные поверхности угломера, расположенные на линейке основания 5 и съемной линейке 6 (при измерении наружных углов детали от  $0$  до  $50^\circ$ ).

При измерении наружных углов от  $50$  до  $180^\circ$  или внутренних углов от  $130$  до  $180^\circ$  пользуются угломером со съемным угольником 1, при измерении внутренних углов от  $40$  до  $130^\circ$  применяют угломер без линейки 6 и угольника 1.

Показания угломера в градусах отсчитывают по шкале основания 7, в минутах – по шкале нониуса 8. Порядок действий при отсчете тот же, что и при отсчете по шкале и нониусу штангенинструментов.

Например, для контроля сверл используют универсальные угломеры (рис. 5.77). После заточки контролю подвергают следующие основные параметры сверла: угол  $2\phi$  при вершине, положение поперечной режущей кромки (угол  $\psi$ ), задние углы или величину спада по задней поверхности.

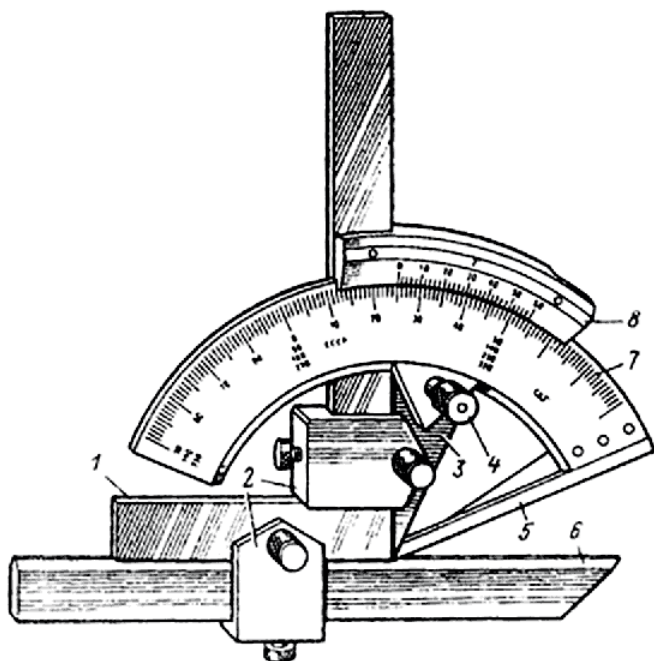


Рис. 5.76. Угломер универсальный

*Транспортирный угломер с нониусом*, как и универсальный угломер, имеет основание с угловой шкалой и нониусом. Цена деления угловой шкалы основания  $1^\circ$ , величина отсчета по нониусу  $2'$ . На выступающей подвижной линейке этого угломера укрепляется дополнительный угольник. Этим угломером измеряют только наружные углы от  $0$  до  $180^\circ$ .

*Универсальный угломер (дисковый)*. При помощи универсального угломера (рис. 5.78, а) можно отсчитывать величину угла конуса в градусах и минутах. Универсальный угломер состоит из двух дисков 1 и 2, сидящих на одной оси, и линейки 5, прикрепляемой винтом 6 к диску 1. Этот диск можно поворачивать на любой угол относительно диска 2. Оба диска в центре закрепляют гайкой 4 в установленном положении. При опущенном винте 6 линейку 5 можно передвигать в продольном направлении и устанавливать в нужном положении. Линейка жестко крепляется с диском 1.

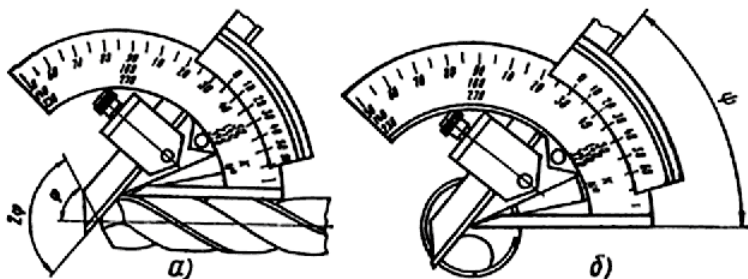


Рис. 5.77. Измерение универсальным угломером параметров сверла:

а – угла при вершине  $2\varphi$ ; б – угла  $\psi$  положения поперечной режущей кромки

Неподвижный диск 2 составляет одно целое с корпусом угломера, выполненного в виде угольника 7. По окружности неподвижного диска нанесено 360 делений, от 0 до  $90^\circ$  в обе стороны, и затем – от  $90$  до  $0^\circ$ . Величина каждого деления равна  $1^\circ$ . К подвижному диску 1 прикреплен нониус 3. Вправо и влево от нуля нониуса отложено по 12 делений. Каждые 12 делений нониуса равняются  $23'$ , т. е. 23 делениям неподвижного диска 2.

Следовательно, каждое деление нониуса равно

$$23' : 12 = 1\frac{11}{12}.$$

Точность отсчета по нониусу равна разности между двумя делениями основной шкалы и одним делением нониуса, т. е.

$$2^\circ - 1\frac{11}{12} = \frac{1}{12} = 5'.$$

Отсчет величины измеряемого угла производится по шкале диска 2, по которой определяется целое число градусов. Части градусов отсчитываются в минутах по нониусу, причем пользуются правой или левой частью нониуса. Для этого обращаются к той части шкалы, которая расположена по ходу отсчета, т. е. если целое число градусов отсчитывалось по шкале в направлении справа налево, отсчет ведется по шкале

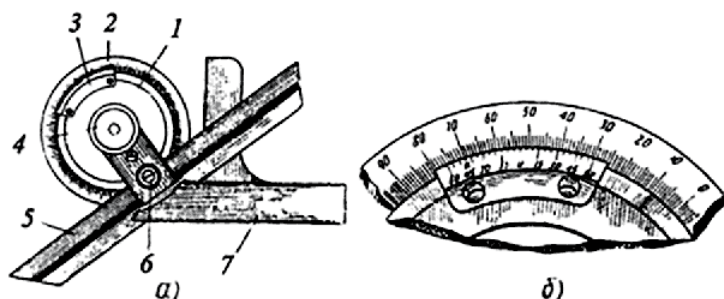


Рис. 5.78. Универсальный угломер (дисковый):  
а – универсальный угломер; б – нониус угломера

нониуса, лежащей левее его нуля. Число минут, указываемых нониусом, соответствует тому его делению, которое совпадает с каким-либо делением основной шкалы.

Цифры нониуса означают не порядковые номера делений, а числа минут, которым соответствует данное деление. При пользовании нониусом отыскивается то деление его, которое совпадает с каким-либо делением шкалы. Обратимся к примеру отсчета по нониусу (рис. 5.78, б). Здесь отсчет целых градусов дает величину, равную 52, а нониус показывает 45', так как с делением основной шкалы совпадает 9-е деление, отмеченное на рис. 5.78, б звездочкой. Таким образом, угломер в данном случае установлен на угол 52°45'.

Если необходимо проверить, соответствует ли чертежу какой-либо угол, линейки угломера устанавливают по шкале и нониусу на этот угол, и этим инструментом пользуются как угольником. Можно поступить иначе: измерить фактическую величину угла на детали и сравнить ее с величиной, указанной на чертеже.

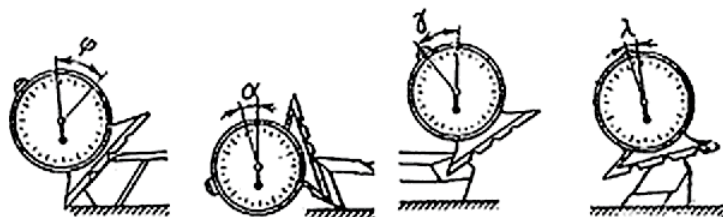


Рис. 5.79. Маятниковый угломер при измерении углов реза



Угломер маятниковый (рис. 5.79) предназначен для измерений углов режущих инструментов различных видов. Работа угломера основана на принципе действия массы маятника, жестко соединенного с показывающей стрелкой и имеющего общую с ней ось поворота. Углы поворота маятника отсчитываются с помощью стрелки по круговой шкале. В процессе измерения контрольная линейка угломера соприкасается с соответствующей поверхностью режущего инструмента. Угломер имеет устройство для фиксации положения стрелки. Цена деления  $1'$ . Пределы измерения  $0-360^\circ$ .

Угломер располагают параллельно кромке резца – при измерении угла в плане  $\varphi$  и угла наклона кромки  $\lambda$  и перпендикулярно кромке резца – при измерении заднего угла  $\alpha$  и переднего угла  $\gamma$ .

Уровни брусковые и рамные служат для измерения небольших отклонений от горизонтального или вертикального расположения поверхностей.

Каждый уровень состоит из основания-корпуса 1 и вмонтированных в него двух стеклянных ампул 2 и 3 (рис. 5.80), не полностью заполненных быстротекущей жидкостью 4. Обычно для этого используют этиловый эфир. Свободное от жидкости пространство трубки видно через стенку ампулы как удлинненный пузырек 5. Внутренняя поверхность ампулы в верхней части трубки имеет криволинейный участок с большим радиусом кривизны. Например, ампула с ценой деления шкалы  $0,02$  мм/м имеет радиус кривизны  $103,1$  м.

Ампула 3 называется основной и имеет отсчетную шкалу с большим числом делений, а ампула 2 – установочная и имеет шкалу всего из четырех штрихов. При установке уровня на измеряемую поверхность пузырек установочной ампулы дол-

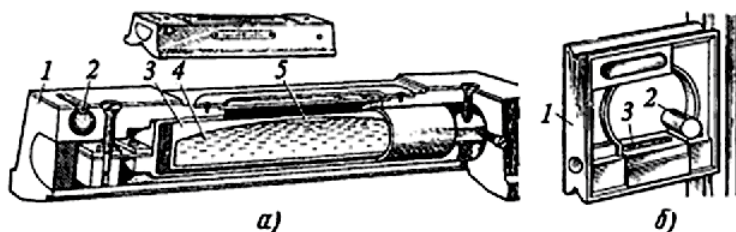


Рис. 5.80. Уровни брусковые и рамные

жен находиться в середине ее шкалы, чтобы уровень не был наклонен набок. Для того чтобы можно было проверять отсутствие наклона уровня набок, ампулы в корпусе уровня расположены взаимно перпендикулярно.

При измерении наклона поверхности на нее укладывают уровень и дают успокоиться пузырьку. Величина наклона измеряемой поверхности (отклонение от вертикали или от горизонтали) равна числу делений шкалы основной ампулы, на которые край пузырька сместился от нулевого штриха.

Корпус *брускового уровня* (рис. 5.80, а) имеет нижнюю рабочую плоскость для установки уровня на плоскую поверяемую поверхность, а также призматическую выемку для установки уровня на цилиндрическую поверхность; у корпуса *рамного уровня* (рис. 5.80, б) рабочими являются все четыре поверхности, образующие контур уровня. Три из них имеют призматические выемки, а одна выемки не имеет. Уровни рамные и брусковые для машиностроения изготавливают с ценой деления шкалы основной ампулы от 0,02 до 0,15 мм/м.

Неудобством использования при работе уровней с ампулами является значительная инерционность пузырька, из-за которой исполнителю приходится ждать полной остановки пузырька, а затем отсчитывать показание. Неудобно также и то, что при отсчете исполнитель должен смотреть в центр шкалы основной ампулы и перпендикулярно ей, во избежание параллакса.

Современным средством измерения небольших отклонений поверхностей от горизонтальности и вертикальности в угловых секундах является *электронный уровень*, состоящий из индуктивного преобразователя и электронного блока. В основном применяют в инструментальных лабораториях.

### **5.3. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ**

При изготовлении деталей на металлорежущих станках требуется выдержать заданные размеры, форму и взаимное расположение поверхностей. Степень приближения значения параметра детали, полученного при обработке, к его значению, заложенному в чертеже, называют *точностью*.

*Точность* – степень приближения действительных параметров, измеренных с допустимой погрешностью, к идеальным (заданным по чертежу). Понятия о точности и погрешности



взаимосвязаны. Точность характеризуется действительной погрешностью (действительная точность) или пределами, ограничивающими значение погрешности (нормированная точность). Чем уже эти пределы, тем меньше погрешности, тем выше точность (рис. 5.81).

Точность деталей по геометрическим параметрам – это совокупное понятие, подразделяющееся по следующим признакам:

- точность размеров элементов;
- точность формы поверхностей элементов (макрогеометрии поверхностей);
- точность по шероховатости поверхности (микрогеометрии);
- точность взаимного расположения элементов.

К отклонениям формы отнесены все отклонения от номинальной формы, кроме шероховатости поверхности. Волнистость рассматривают как отклонение формы.

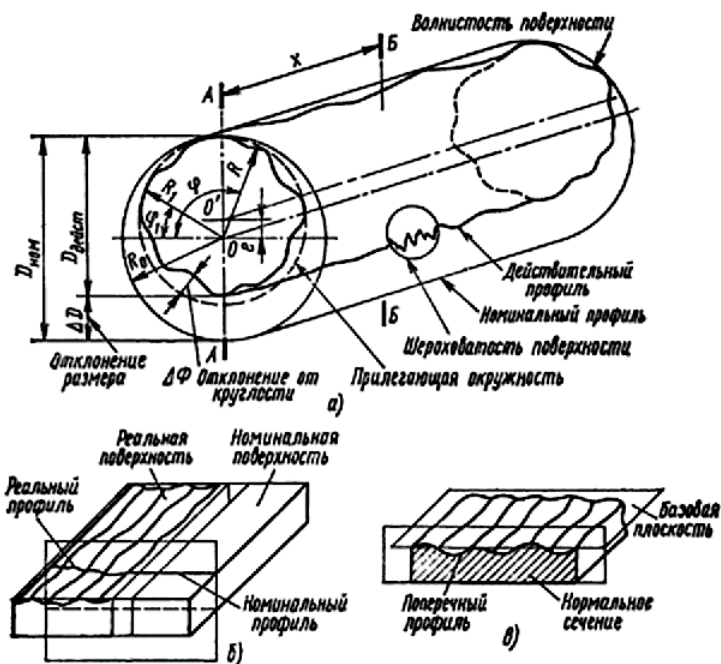


Рис. 5.81. Основные принципы оценки обработанных поверхностей деталей

### 5.3.1. Макрогеометрия обработанной поверхности

При нормировании и количественной оценке отклонений формы и расположения поверхностей принят принцип прилегающих прямых, поверхностей и профилей (рис. 5.81).

Введены следующие понятия:

**реальная (действительная) поверхность** – поверхность, ограничивающая деталь и отделяющая ее от окружающей среды (рис. 5.81, б); имеет отклонения формы, волнистость и шероховатость;

**номинальная поверхность** – идеальная поверхность, номинальная форма которой задана чертежом или другой технической документацией;

**базовая поверхность** – поверхность, имеющая форму номинальной поверхности и служащая базой для количественной оценки отклонения формы реальной поверхности (рис. 5.81, в);

**прилегающая поверхность** – поверхность, имеющая форму номинальной поверхности, соприкасающаяся с реальной поверхностью и расположенная вне материала детали так, чтобы отклонение от нее наиболее удаленной точки реальной поверхности имело минимальное значение (рис. 5.81, а);

**отклонение формы** – отклонение формы реальной поверхности или реального профиля от формы номинальной поверхности или номинального профиля; количественно отклонение формы оценивается наибольшим расстоянием ( $\Delta$ ) от точек реальной поверхности (профиля) по нормали к прилегающей поверхности (профилю) (рис. 5.81, а);

**отклонение расположения** – отклонение реального расположения рассматриваемого элемента (поверхности, оси или плоскости симметрии) от номинального;

**суммарное отклонение формы и расположения** – отклонение, являющееся результатом совместного проявления отклонений формы и расположения рассматриваемого элемента относительно заданных баз.

Установлены следующие **виды отклонений формы** (рис. 5.82):

**отклонение от прямолинейности** – наибольшее расстояние  $\Delta$  от точек реального профиля 1 до прилегающей прямой 2 в пределах нормируемого участка  $L$  или  $L_1$  и  $L_2$  (рис. 5.82, а-д); частными видами являются выпуклость, вогнутость и отклонение от прямолинейности оси (или линии 3 и 4) в пространстве или в заданном направлении 5;

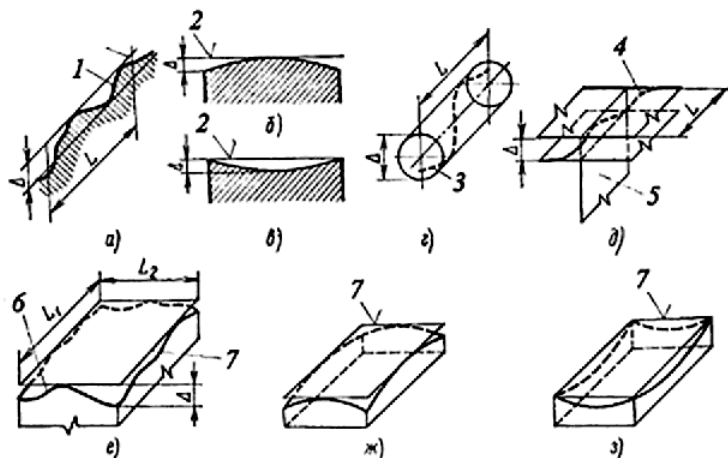


Рис. 5.82. Отклонение от прямолинейности и плоскостности

**отклонение от плоскостности** – наибольшее расстояние  $\Delta$  от точек реальной поверхности 6 до прилегающей плоскости 7 в пределах нормируемого участка (рис. 5.82, e-з); частными видами являются выпуклость и вогнутость;

**отклонение от круглости** – наибольшее расстояние  $\Delta$  от точек реального профиля 2 до прилегающей окружности 1 (рис. 5.83, a-в); частными видами являются овальность (рис. 5.83, б) и огранка (рис. 5.83, в, г);

**отклонение от цилиндричности** – наибольшее расстояние  $\Delta = (d_{\max} - d_{\min})/2$  от точек реальной поверхности 4 до прилегающего цилиндра 3 в пределах нормируемого участка  $L$  (рис. 5.83, г);

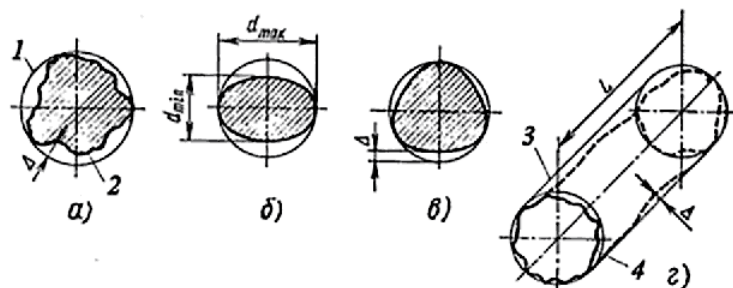


Рис. 5.83. Отклонение от круглости и цилиндричности

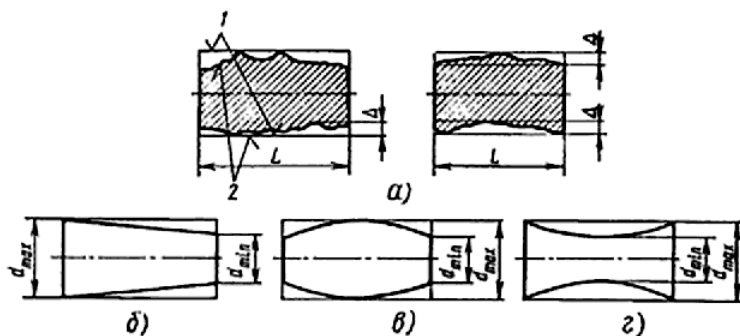


Рис. 5.84. Отклонение профиля продольного сечения цилиндрической поверхности

**отклонение профиля продольного сечения** – наибольшее расстояние  $\Delta$  от точек образующей реального профиля 2, лежащих в плоскости, проходящей через ось цилиндрической поверхности, до соответствующей стороны прилегающего участка 1 в пределах нормируемого участка  $L$  (рис. 5.84, а); частными видами являются конусообразность (рис. 5.84, б), бочкообразность (рис. 5.84, в) и седлообразность (рис. 5.84, г).

Установлены следующие основные **виды отклонений расположения поверхностей и элементов деталей машин и приборов**:

**отклонение от параллельности плоскостей**; оси и плоскости; прямой и плоскости; прямых в плоскости; осей (или прямых) в пространстве; перекося осей;

**отклонение от перпендикулярности плоскостей**; плоскости или оси (прямой) относительно оси (прямой); оси (или прямой) относительно плоскости;

**отклонение наклона плоскости** относительно плоскости или оси прямой и наоборот;

**отклонение от соосности** (относительно оси базовой поверхности или общей оси);

**отклонение от концентричности** – расстояние между центрами номинальных окружностей;

**отклонение от симметричности** (относительно базового элемента или общей плоскости симметрии);

**позиционное отклонение** – наибольшее расстояние  $\Delta$  между реальным расположением элемента (его центра, оси или плос-

кости симметрии) и его номинальным расположением в пределах нормируемого участка;

**отклонение от пересечения осей** – наименьшее расстояние между осями, номинально пересекающимися.

Установлены следующие **основные виды суммарных отклонений формы и расположения поверхностей**:

радиальное биение (относительно базовой оси);

торцовое биение (относительно плоскости, перпендикулярной базовой оси);

биение в заданном направлении;

полное радиальное биение;

полное торцовое биение;

отклонение формы заданного профиля;

отклонение формы заданной поверхности.

### 5.3.2. Методы контроля макрогеометрии поверхностей детали

Отклонения формы и расположения оцениваются по всей поверхности (по всему профилю) на нормируемом участке, если заданы его площадь, длина или угол сектора. Если расположение нормируемого участка не задано, то его считают любым в пределах всей поверхности или профиля.

Отсчет отклонений формы поверхности производится от прилегающей поверхности. Отклонение формы профиля оценивается от прилегающего профиля. При измерении отклонений формы допускается их оценка относительно средней поверхности или среднего профиля (рис. 5.85).

При контроле отклонений формы с применением измерительных наконечников с радиусом закругления в 100-1000 раз

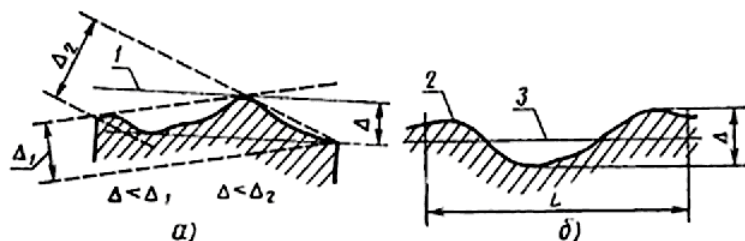


Рис 5.85. Измерение отклонений формы:

- а – относительно средней поверхности; б – относительно среднего профиля;  
1 – прилегающая прямая; 2 – реальный профиль; 3 – средний профиль

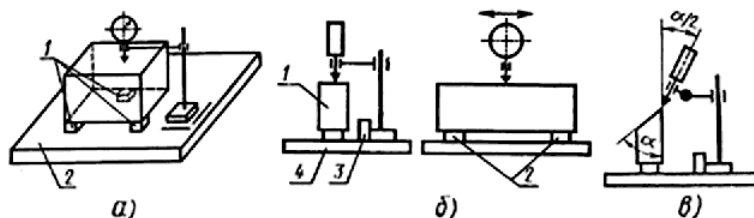


Рис. 5.86. Схемы измерения:

- а – отклонение от плоскостности: 1 – подкладки; 2 – поверочная плита;  
 б – контроль отклонения от прямолинейности: 1 – деталь; 2 – подкладки;  
 3 – направляющая линейка; 4 – поверочная плита;  
 в – отклонение от прямолинейности линии пересечения двух плоскостей

большим, чем у алмазных игл, влияние шероховатости поверхности практически исключается.

При определении отклонения от плоскостности деталь выверяется так, чтобы три точки проверяемой поверхности, не лежащие на одной прямой (по возможности, наиболее разнесенные между собой), находились на одинаковом расстоянии от плоскости поверочной плиты. Приблизительно принимается, что при такой выверке прилегающая плоскость параллельна плоскости поверочной плиты. Определяется разность показаний измерительной головки при перемещении ее в различных направлениях (рис. 5.86, а).

Отклонение от прямолинейности определяется по результатам измерения расположения точек проверяемого сечения относительно базовой плоскости (например, плоскости контрольной плиты или поверхности горизонта), строится профилограмма сечения. На диаграмме проводится прилегающая прямая, от которой отсчитываются отклонения.

При упрощенном контроле отклонения от прямолинейности деталь выверяется так, чтобы две точки проверяемого отрезка (по возможности, наиболее разнесенные между собой) находились на одинаковом расстоянии от плоскости поверочной плиты. Определяется разность между наибольшим и наименьшим показаниями измерительной головки (рис. 5.86, б). Если необходимо определить отклонение от прямолинейности линии пересечения двух плоскостей, то плоскость измерения должна проходить через биссектрису угла между обеими плоскостями (рис. 5.86, в).

Для определения отклонения от круглости деталь предварительно центрируют. На приборе, обеспечивающем точное вра-



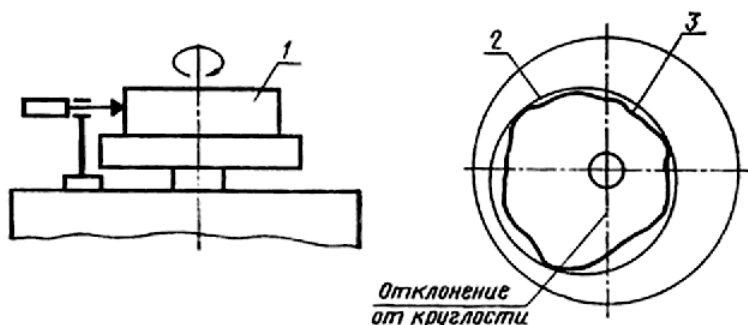


Рис. 5.87. Отклонение от круглости:  
1 – деталь; 2 – прилегающая окружность; 3 – профилограмма

щение проверяемой детали и датчика относительно друг друга, записывается профилограмма поперечного сечения (рис. 5.87).

Остаточный эксцентриситет проверяемого сечения относительно оси вращения исключается проведением на диаграмме прилегающей окружности (при записях в полярных координатах) или синусоиды, соответствующей прилегающей окружности (при записи в прямоугольных координатах), от которой отсчитываются отклонения.

При отсутствии огранки с нечетным числом граней отклонение от круглости определяется как полуразность между наибольшим и наименьшим диаметрами сечения, измеренными двухконтактным прибором.

Количественно овальность и огранка оцениваются так же, как отклонение от круглости с помощью универсальных приборов (двухконтактных), измерением в кольце или призм.

Отклонение профиля продольного сечения характеризует отклонения от прямолинейности и параллельности образующих. При отсутствии изогнутости отклонения профиля продольного сечения определяются как полуразность между наибольшим и наименьшим диаметрами сечения, измеренными двухконтактным прибором.

Конусообразность определяется полуразностью измеренных диаметров по краям продольного сечения, а бочкообразность и седлообразность – полуразностью измеренных диаметров по краям и в середине продольного сечения с помощью универсальных приборов.

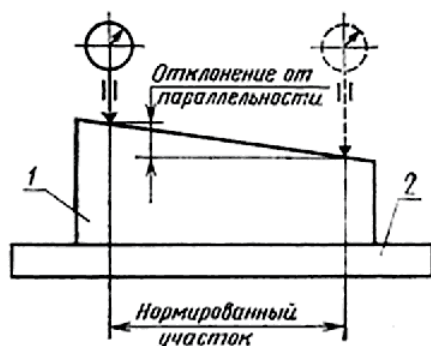


Рис. 5.88. Отклонение от параллельности:  
1 – деталь; 2 – поверочная плита

Чтобы обеспечить взаимозаменяемость деталей, неточность расположения поверхностей ограничивают допусками. Под полем допуска расположения понимают пространство (или площадь в заданной плоскости), внутри которого должны находиться все точки прилегающего элемента или его ось, центр, плоскость симметрии.

При измерении отклонения от параллельности (рис. 5.88) деталь устанавливают базовой поверхностью на поверочной

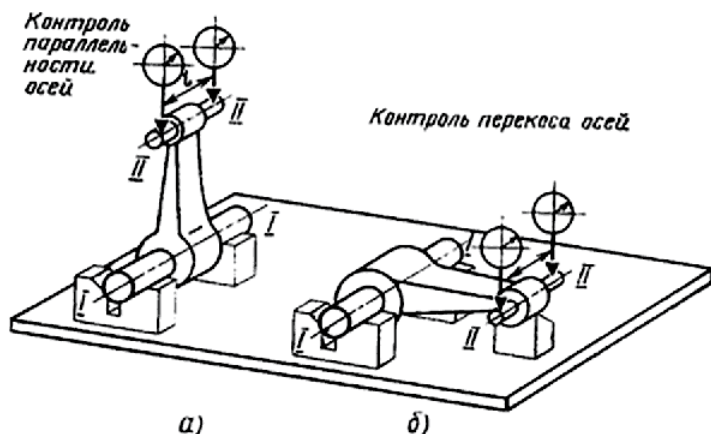


Рис. 5.89. Отклонение от параллельности и перекоса осей:  
I-I – нормируемый участок



плите, относительно которой определяют разность размеров на нормированном участке.

Отклонения от параллельности и отклонения от плоскостности часто контролируют поверочными линейками и плитами «на краску», линейками и плитами с пневматическими соплами, гибкими линейками с тензометрическими преобразователями, оптическими линейками и другими приборами.

Отклонение от параллельности (рис. 5.89, а) и перекоса осей (рис. 5.89, б) практически определяется как разность показаний между осями II-II на нормируемом участке с помощью индикаторных приборов. Деталь выверяется так, чтобы оси I-I были параллельны плоскости поверочной плиты.

Отклонение от параллельности плоскости цилиндрической детали определяется разностью показаний измерительной головки на нормируемом участке (рис. 5.90, а).

Отклонение от перпендикулярности плоскостей определяют установкой детали на поверочной плите базовой поверхностью (рис. 5.90, б), определяют на нормируемом участке разность показаний измерительной головки, перемещающейся перпендикулярно к плоскости плиты.

Торцовое биение детали контролируют установкой базовой поверхности и фиксированием ее в осевом направлении (рис. 5.90, в). Определяют разность между наибольшим и наименьшим показаниями измерительной головки, полученными при вращении детали.

Отклонение от соосности шеек вала (рис. 5.91, а) относительно их общей оси определяют при вращении вала на двух ножевых опорах, расположенных в средних сечениях шеек. При зависимых допусках эту проверку выполняют калибрами (рис. 5.91, б).

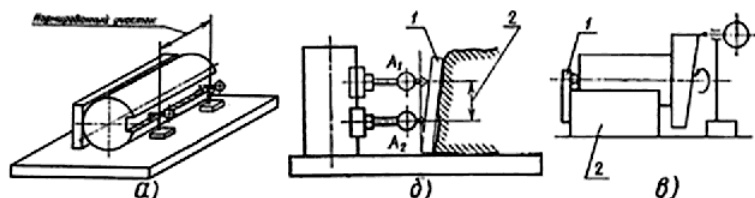


Рис. 5.90. Измерение отклонений:

а – от параллельности плоскости; б – от перпендикулярности плоскостей;

1 – пневматическая подставка; 2 – нормируемый участок;

в – торцового биения: 1 – упор; 2 – призма

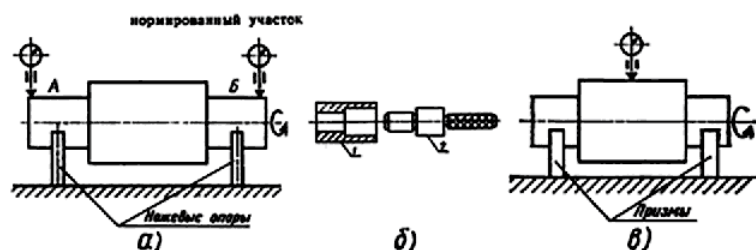


Рис. 5.91. Измерение отклонений:

а – соосности шеек вала; б – соосности калибрами; в – радиального биения

Радиальное биение контролируется установкой детали базовыми поверхностями на призмы (рис. 5.91, в). Определяется разность между наибольшим и наименьшим показаниями измерительной головки, полученными при повороте детали на полный оборот.

Отклонение от симметричности определяется поворотом детали относительно оси на  $180^\circ$ . При помощи измерительной головки определяют полуразность расстояний А и В (рис. 5.92). При зависимых допусках отклонение от симметричности целесообразно контролировать калибрами.

### 5.3.3. Методы контроля микрогеометрии поверхностей детали

**Волнистость** – периодические неровности, у которых отношение шага к высоте не превышает 40. Высота волнистости ( $0,1 \div 200$  мкм) – среднearифметическое значение из пяти значений высоты волнистости, которые определяются на пяти одинаковых участках измерения волнистости. Поэтому иногда требования к волнистости поверхности выражаются числовыми значениями  $R_z$ .

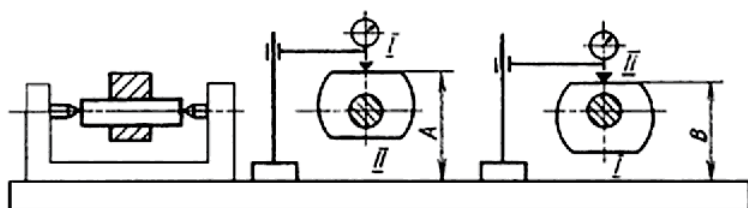


Рис. 5.92. Измерение отклонений от соосности шеек вала А и Б

Под *шероховатостью* понимают совокупность неровностей поверхности с относительно малыми шагами на базовой длине.

Поверхностный слой детали при эксплуатации часто испытывает максимальные напряжения, поэтому физико-механические свойства его, микро- и макрогеометрия определяют долговечность всей детали. Шероховатость поверхности играет большую роль в подвижных соединениях деталей, в значительной степени влияя на трение и износ. Зазор или натяг, который можно определить при измерении деталей соединения, отличается от эффективного зазора или натяга, имеющего место при сборке и в процессе эксплуатации. Эффективный натяг уменьшается, а эффективный зазор увеличивается тем больше, чем большую шероховатость имеют сопрягаемые поверхности. Уменьшение шероховатости поверхности вносит большую определенность в характер и качество соединений деталей.

Установлены значения параметров шероховатости, выделяя среди них предпочтительнее значения следующего ряда параметров в мкм: 100; 50; 25; 12,5; 6,3; 3,2; 1,6; 0,8; 0,4; 0,2; 0,1; 0,05; 0,025.

Чем больше значение параметра, тем большие неровности образует профиль поверхности. Сравнение приведенных значений параметров позволяет выявить закономерность их изменения.

Условно выбор значений параметров производят по следующим признакам:

- шероховатость поверхностей, образованных литьем или штамповкой, задают через параметр Rz его значениями 200, 100 или 50 мкм, помня, что, чем больше значение параметра, тем большие неровности образуют профиль поверхности;
- для грубо обработанных поверхностей, которые не имеют относительных перемещений при работе изделия или не контактируют с другими поверхностями, используют параметр Ra со значениями 12,5 или 6,3 мкм;
- если поверхности должны иметь хороший неподвижный контакт или опираться друг на друга со взаимным перемещением, то их шероховатость задают через Ra 3,2 или Ra 1,6 мкм;
- шероховатость фасонных поверхностей, например, резьбы, характеризуют через параметр Rz: Rz 50 или Rz 25 мкм, в том числе к небольшим по площади поверхностям, например, к фаскам;

**Глава 5. Качество заточки инструмента и изготовления деталей**

- отражающие поверхности оптических призм подвергаются тщательной отделочной обработке, поэтому их качество определяют через Ra 0,025 мкм.

Преимущество параметру Ra отдают в связи с тем, что при его использовании качество поверхности оценивается более точно при сравнении с поверхностями образцов, чем шероховатость поверхности образцов, которая оценена значениями параметра Rz.

По числовым значениям этих параметров назначают и определяют требуемую шероховатость поверхности деталей машин в зависимости от функционального назначения (табл. 5.12-5.15).

Т а б л и ц а 5.12

**Значения шероховатости поверхностей деталей по ГОСТ 2789-73, определяемые их назначением**

Параметры шероховатости, мкм		Характеристика поверхности
Ra	Rz	
-	-	Вид обработки поверхности не оговаривается
-	-	Черные, но ровные поверхности отливок, поковок, проката. Обработка без снятия стружки
80 63 <u>50</u> 40	320 250 200 160	Зачищенные поверхности отливок, поковок и пр.
40 32 <u>25</u> 20	160 125 100 80	
20 16 <u>12,5</u> 10	80 63 50 40	Поверхности отверстий из-под сверла, зенковок, фасок и пр. под болты и винты. Нерабочие поверхности. Посадочные, не трущиеся поверхности изделий не выше 12-го качества
10 8 <u>6,3</u> 5	40 32 25 20	Точно прилегающие поверхности. Отверстия после черновой развертки. Поверхности под шабрение. Посадочные не трущиеся поверхности изделий не выше 8-го качества. Канавки, фаски, радиусы галтелей на валах. Нерабочие поверхности зубчатых и червячных колес. Опорные поверхности под болты, винты и гайки.

Т а б л и ц а 5.12  
(о к о н ч а н и е)

5 4 <u>3,2</u> 2,5	20 16 12,5 10	Отверстия в неподвижных соединениях всех квалитетов точности. Отверстия в трущихся соединениях 11-го и 12-го квалитетов. Боковые поверхности зубьев зубчатых колес 8-й и 9-й степеней точности, зубьев звездочек и рабочие поверхности шкивов.
2,5 2,0 <u>1,6</u> 1,25		Отверстия в трущихся соединениях 6-8-го квалитетов. Отверстия под подшипники качения. Торцевые поверхности, по которым базируются подшипники качения. Поверхности валов в трущихся соединениях 11-го и 12-го квалитетов. Поверхности червяков и ходовых винтов. Боковые поверхности зубьев зубчатых колес 7-й степени точности.
1,25 1,00 <u>0,8</u> 0,63		Поверхности валов в трущихся соединениях 6-8-го квалитетов. Поверхности валов под подшипники качения. Боковые поверхности зубьев зубчатых колес 1-й и 6-й степени точности
0,63 0,50 <u>0,4</u> 0,32		То же, для более ответственных поверхностей. Поверхности валов под подшипники качения. Поверхности валов под резиновые манжеты.
0,32 0,25 <u>0,20</u> 0,16		Весьма ответственные трущиеся поверхности валов либо других охватываемых деталей
0,16 0,125 <u>0,1</u> 0,08		Особоточные технологические процессы обработки поверхностей деталей в машиностроении (зеркальная поверхность)
0,08 0,063 <u>0,05</u> 0,04		
<u>0,025</u>		
0,012		
<b>Примечание:</b> в таблице очерчены квадратом предпочтительные значения параметров шероховатости		

Параметры шероховатости и допуски на размеры обрабатываемой поверхности взаимозависимы и должны соответствовать

Таблица 5.13

**Значения параметров шероховатости  $R_a$   
для посадочных поверхностей отверстий и валов**

Интервалы размеров, мм	Отверстие			Вал		
	квалитеты					
	7	8	9	6, 7	8, 9	
	$R_a$ , мкм					
св. 18 до 50	0,8	1,6	3,2	0,8	0,8	1,6
от 50 до 120	1,6		3,2	1,6	3,2	
от 120 до 500	1,6	3,2		1,6	3,2	

друг другу. Таблица 5.13 позволяет определить значение параметра шероховатости по заданному значению допуска.

Таблица 5.14

**Значения параметров шероховатости  $R_a$  для  
поверхностей деталей машин**

Вид поверхности	$R_a$ , мкм
Торцы заплечиков валов для базирования:	
а) подшипников качения класса точности 0	1,6
б) зубчатых, червячных колес при отношении длины отверстия к диаметру $l/d \leq 0,8$	1,6
в) то же, при отношении $l/d > 0,8$	3,2
Поверхности валов под резиновые манжеты	0,4
Канавки, фаски, радиусы галтелей на валах	6,3
Поверхности шпоночных пазов на валах: рабочая	3,2
нерабочая	6,3
Торцы ступиц зубчатых, червячных колес, базирующихся по торцу заплечиков валов, при отношении длины отверстия к диаметру $l/d \leq 0,8$	1,6
То же, при отношении $l/d > 0,8$	3,2
Торцы ступиц зубчатых, червячных колес, по которым базируют подшипники качения, классов точности 0	1,6
Свободные (нерабочие) торцевые поверхности зубчатых, червячных колес	6,3
Профили зубьев зубчатых, червячных колес степеней точности:	
6	0,4
7	0,8
8	1,6
9	3,2

Таблица 5.14  
(о к о н ч а н и е)

Боковые поверхности витков червяков со степенью точности:	
6	0,2
7	0,4
8	0,8
9	1,6
Поверхности выступов зубьев колес, витков червяков, звездочек цепных передач	6,3
Фаски и выточки на колесах	6,3
Поверхности шпоночных пазов в отверстиях колес:	
рабочая	1,6
нерабочая	3,2
Рабочая поверхность шкивов ременных передач	3,2
Рабочая поверхность зубьев звездочек передач	3,2
Отверстия под болты, винты	12,5
Опорные поверхности под головки болтов, винтов, гаек	6,3

#### 5.3.4. Измерение шероховатости поверхности

Наиболее простым средством оценки шероховатости поверхности служит визуальное сравнение реальной по-

Таблица 5.15  
Назначение и обозначения на чертежах параметров шероховатости

Назначение поверхности	Знак шероховатости	Параметры шероховатости поверхности
Поверхности деталей, заготовки которых получены отливкой, ковкой, штамповкой и не подвергаемые дополнительной обработке		
Поверхности, не обрабатываемые по данному чертежу, т.е. поверхности сортового материала, сохраняемые в состоянии поставки и не подвергаемые дополнительной обработке		
Не сопрягающиеся обработанные		Ra 80; 63; 50; 40; 32; 25; 20

Таблица 5.15  
(о к о н ч а н и е)

Обработанные сопрягающиеся	$\sqrt{Ra}$	Ra 40; 32; 25; 20; 10,8; 6,3
Опорные поверхности: опорные под головки болтов и под гайки отверстия напроход фаски, проточки, округления, торцы, прорези, шлицы	$\sqrt{Rz}$	Rz 80; 63; 50; 40; 32; 25; 20
Под ключ и под рукоятки Под уплотнительные кольца	$\sqrt{Rz}$	Rz 40; 32; 25; 20
Посадочные, не требующие точной центровки	$\sqrt{Rz}$	Rz 20; 16; 12,5; 10
Посадочные, требующие точной центровки Поверхности скольжения Профиль зуба	$\sqrt{Ra}$	Ra 2,5; 2,1; 6; 1,25; 1,2; 1; 0,8; 0,63
Посадочные под шарикоподшипники Торцевые под кольца шарикоподшипников	$\sqrt{Ra}$	Ra 1,2; 1; 0,8; 0,63; 0,5; 0,4; 0,3
Под притирку Рабочие под шпонки призматические и клиновые Свободные (базовые)	$\sqrt{Ra}$	Ra 2,5; 2; 1,6; 1,25
Нерабочие под шпонки призматические и клиновые	$\sqrt{Rz}$	Rz 80; 63; 50; 40
Впадины зуба	$\sqrt{Ra}$	Ra 40; 32; 25; 20; 16; 12,5; 10

верхности элемента детали с образцом шероховатости (рис. 5.93).

Образец шероховатости представляет собой пластинку, одна из поверхностей которой обработана с образцовой шероховатостью и аттестована по параметру Ra на профилометре. Пластинки собирают в обоймы по 4 штуки, причем так, чтобы значение Ra соседних пластин отличалось на величину интервала по ГОСТ 2789-73.



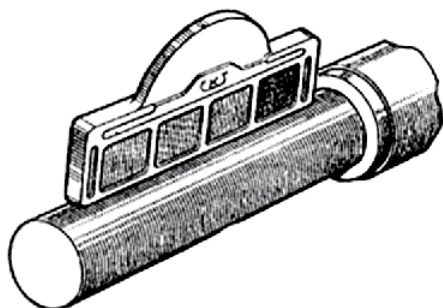


Рис. 5.93. Образец шероховатости при визуальном контроле вала

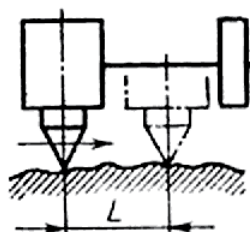


Рис. 5.94. Измерение шероховатости контактным способом:  
L – длина хода

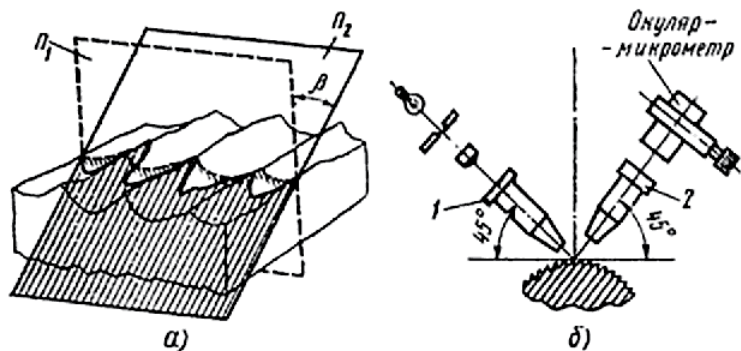


Рис. 5.95. Измерение шероховатости поверхности методом светового сечения:  
а – схема светового сечения; б – схема двойного микроскопа

## Глава 5. Качество заточки инструмента и изготовления деталей

Шероховатость поверхности контролируют: контактным способом приборами, в которых микронеровности ощупываются тонкой алмазной иглой (рис. 5.94) с последующим автоматическим расчетом параметра  $R_z$ ; или двойным микроскопом МИС-11, работающим по методу светового сечения (рис. 5.95), с последующим расчетом параметра  $R_z$ , сравнением с эталонами на сравнительных микроскопах или с использованием десятикратной лупы.

## **Глава 6**

# **БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ПРЕДПРИЯТИИ**

### **6.1. ОХРАНА ТРУДА И ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ НА ПРЕДПРИЯТИИ**

#### **6.1.1. Требования безопасности на территории предприятия**

Предприятие, на котором размещено и функционирует металлообрабатывающее оборудование, является объектом повышенной опасности. Поэтому к персоналу, который работает на металлорежущих станках, обслуживает их и обеспечивает нормальные условия окружающей среды, предъявляются определенные требования по выполнению правил поведения в производственном помещении, где размещены станки и другое оборудование. Кроме того, тем, кто работает на станках, необходимо владеть знаниями, которые связаны с устройством и безопасной работой станков и другого оборудования.

В производственном помещении основные технические средства безопасности подразделяются на средства коллективной и индивидуальной защиты. Средства коллективной защиты включают оградительные, предохранительные и тормозные устройства, сигнализации об опасности, разрывы и габариты безопасности, средства дистанционного управления и другие специальные средства безопасности.

Роль оградительных устройств выполняют устройства, преграждающие доступ к движущимся частям машин, станков и механизмов, защищающие от разбрасывания стружки и других предметов, распыления отходов и жидкости, опасных по направлению токоведущих частей оборудования; препятствующие падению людей в люки, проемы, каналы производственных помещений и на территории заводов и др.

Предохранительные устройства служат для предупреждения аварий и поломок, связанных с опасностью травмирования рабочих. Эти аварии могут быть вызваны перегрузкой станков, чрезмерным превышением скоростей движения, нарушением правил эксплуатации оборудования.

Тормозные устройства обеспечивают возможность быстрой остановки производственного оборудования или отдельных его элементов для предупреждения возможных аварий и несчастных случаев. Металлорежущие станки снабжены тормозными устройствами, позволяющими быстро остановить шпиндель станка (остановка шпинделя с помощью рук категорически запрещается, так как это может привести к несчастным случаям).

Сигнализация об опасности предупреждает о наступающей опасности световыми, показывающими или звуковыми сигналами. Эффективность действия сигнальных устройств зависит от внимания и оперативности действий рабочего, что связано с его знанием оборудования и условий эксплуатации. К средствам сигнализации относятся подача или снятие напряжения с лампочки, звукового устройства, стрелочного прибора, манометра, уровнемера и т. п. К ним относятся также геометрическая форма, символы и цвет знаков, которые напоминают рабочим о необходимости соблюдать те или другие требования, помогают ориентироваться при выполнении производственных работ.

Дистанционное управление позволяет прервать производственный процесс на расстоянии для предотвращения возможных аварий. Наибольшее распространение получила электрическая система дистанционного управления и сочетание ее с другими системами (гидравлической, пневматической).

Разрывы и габариты безопасности представляют собой минимально допустимые расстояния между объектами, из которых хотя бы один может представлять опасность для рабочего. Это может быть минимально допустимое расстояние между станком и крайним близким положением стола другого станка, высота подвеса электрических проводов и др.

Находясь на территории предприятия, работающие должны строго соблюдать правила пешеходного движения, выполнять требования, обусловленные знаками безопасности и световыми сигналами. Не следует пытаться включать или выключать и управлять оборудованием, пользоваться транспортны-

ми и грузоподъемными средствами, а также выполнять сварочные и другие работы, если нет соответствующей технической подготовки и разрешения администрации цеха на право выполнения этих работ. Нарушение правил поведения на территории предприятия может привести к материальным потерям и несчастным случаям.

Средства индивидуальной защиты предназначены для применения во время работы в целях защиты рабочего от опасных и вредных факторов внешней среды.

Средства индивидуальной защиты выдаются рабочим бесплатно – в соответствии с действующими нормами. Обычно эти средства выполняют роль дополнительных мероприятий по профилактике травматизма. К ним относятся защитные очки и наголовные щитки, которые предохраняют глаза и лицо от ранения разлетающейся стружкой и осколками инструмента. Спецодежда предохраняет тело рабочего от вредного воздействия среды, от ожогов и ранений. Следует соблюдать требования, предъявляемые к ношению спецодежды, с тем чтобы избежать захвата ее вращающимися и перемещающимися механизмами станка.

Рукава должны облегать руку и застегиваться на пуговицы, завязки для рукавов недопустимы, так как их концы могут быть захвачены шпинделем станка или другими вращающимися деталями. Следует работать в головных уборах, с тем, чтобы избежать захвата волос.

### **6.1.2. Требования безопасности в цехах предприятия**

Для организации безопасного труда и контроля за соблюдением правил и норм безопасности и гигиены труда в цехах предприятий организуются службы безопасности. Эти службы проводят вводный инструктаж и обучают вновь поступающих рабочих, осуществляют контроль за уровнем знаний рабочими правил безопасности, организуют занятия и пропагандируют мероприятия по безопасности труда, организуют просмотр кинофильмов по охране и безопасности труда, участвуют в расследовании несчастных случаев и других мероприятиях, вытекающих из особенностей работы предприятия.

Вводный инструктаж проводится со всеми вновь поступающими на работу, независимо от трудового стажа, так как в этом

случае вновь поступившие рабочие знакомятся с предприятием и его особенностями в организации производства. Затем проводится инструктаж на рабочем месте мастером, механиком и другими руководителями производственных участков, который делится на первичный, повторный и внеочередной. Первичный инструктаж проводится на рабочем месте со всеми вновь поступающими рабочими перед допуском их к работе, а также с теми, кто переведен (даже временно) из другого цеха с одной работы на другую. Повторный инструктаж на рабочем месте проводится со всеми работающими в зависимости от профессии в сроки, установленные правилами. Внеочередной инструктаж на рабочем месте производится в тех случаях, когда изменяются условия труда при внедрении нового технологического процесса, производится замена оборудования при нарушении работающим правил безопасности и т. п.

Безопасность на рабочем месте достигается рядом мер, основными из которых являются оснащение станка средствами безопасности при подготовке к работе и соблюдение требований техники безопасности и гигиены труда. Это значит, что после ремонта, смазки или профилактического осмотра станка должны быть установлены на место ограждения передач (зубчатых, ременных, цепных и т. д.), надежно закреплены сборочные единицы (узлы) станка, которые перемещались при наладке и настройке, должно быть залито до требуемого уровня масло, проверено состояние решетки под ногами и удалены следы пролитого масла, приведена в порядок одежда и т. д.

## **6.2. БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТ ЛЕЗВИЙНЫМ ИНСТРУМЕНТОМ**

### **6.2.1. Требования безопасности при работе на токарных станках**

При работе на токарных станках из-за несоблюдения правил безопасности могут произойти несчастные случаи вследствие ранения стружкой, при прикосновении к вращающимся патронам, планшайбам и зажимным приспособлениям на них, а также к обрабатываемым деталям.

В процессе резания образуется сливная или отлетающая стружка. Форма образующейся стружки зависит от марки ста-

ли, геометрии режущего инструмента, специальных средств дробления стружки, режимов резания и других факторов. При скоростном точении металла образование сливной или отлетающей стружки представляет особую опасность, как для рабочих, так и для окружающих.

Большое значение для безопасной работы токаря имеет установка режущего инструмента. Устанавливать резец можно только в исправном суппорте с применением подкладки, равной по длине и ширине опорной поверхности резца. Токарю необходимо иметь набор подкладок разной толщины, длины и ширины. Это позволяет выбрать нужные подкладки соответственно закрепляемому в суппорте резцу. Резец должен устанавливаться на высоте центров. Более двух подкладок под резец не устанавливают и зажимают его не менее чем тремя болтами.

Во избежание поломок резец зажимают с минимально возможным вылетом; подводят резец к обрабатываемой детали медленно и осторожно. Не следует устанавливать сразу большую глубину резания. Быстрое врезание на большую глубину может привести к поломке резца, выкрашиванию режущей кромки или вылету плохо напаянных на резец режущих пластин из быстрорежущей стали или твердых сплавов.

При обработке заготовок (деталей) следят за стружкой, так как металлическая стружка представляет серьезную опасность для станочника. При точении сталей на высоких скоростях стружка может опутать резец, детали станка, маховики, рычаги и другие части станка. В таких случаях необходимо остановить станок и убрать стружку с помощью крючков и щеток. Работать, не убирая стружку, опасно, так как иногда стружка не позволяет выключить станок и, как следствие, неизбежны авария и более тяжелые последствия.

Наличие на рабочих местах, в проходах и проездах металлической стружки может привести к тяжелым ранениям рук и ног. Поэтому стружка должна направляться от режущего инструмента в корыто станка, а затем убираться с рабочего места и вывозиться из цеха.

Для дробления стружки и ее безопасного удаления из рабочей зоны применяют специальные резцы, обеспечивающие стружколоманье и стружкозавивание, а также специальные стружкоотводчики.

Зона обработки на токарных станках должна ограждаться защитным устройством (экраном). При этом экранируется зона

обработки не только со стороны рабочего места, но также и со стороны, противоположной рабочему месту. Должны иметь ограждения также зажимные патроны универсальных токарных и токарно-револьверных станков. Ограждения должны быть подвижными и легко отводиться при установке и снятии заготовок, не ограничивая технологических возможностей станков. Обычно станок оснащают открывающимся ограждением кулачкового патрона, заблокированного со шпинделем станка таким образом, что включить его можно только при закрытом ограждении.

Токарно-револьверные и другие станки, предназначенные для обработки пруткового материала, оснащают трубчатыми ограждениями для укрытия прутков по всей их длине. При обработке длиномерного пруткового материала на токарно-винторезных и других стайках, не предназначенных для обработки данного вида материала, на этих станках также устанавливают трубчатые ограждения с шумопоглощающим покрытием внутренней поверхности ограждения. Станок, предназначенный для обработки пруткового материала, должен быть оснащен устройством для его выпрямления.

Деталь следует надежно закреплять в кулачковом патроне или на планшайбе. Недопустимо, чтобы после закрепления детали кулачки выступали из патрона или планшайбы за пределы их наружного диаметра. Если же кулачки выступают, следует заменить патрон или установить специальное ограждение. При установке (навинчивании) патрона или планшайбы на шпиндель станка необходимо подкладывать под них на направляющие станка деревянные подставки с выемкой по форме патрона (планшайбы). Устанавливать тяжелые патроны и планшайбы на станок и снимать их со станка надо при помощи подъемного устройства и специального захватного приспособления. Не разрешается свинчивать патрон (планшайбу) резким торможением шпинделя.

В кулачковом патроне можно закреплять только короткие, длиной не более двух диаметров, уравновешенные детали. При установке более длинных деталей для уменьшения деформации заготовки следует пользоваться центром задней бабки. При обработке очень длинных деталей в центрах (длинной, равной 12 диаметрам и более), а также при скоростном и силовом резании деталей длиной, равной 8 диаметрам и более, следует применять дополнительные опоры (люнеты), а



также безопасные поводковые патроны или хомутики. Нельзя пользоваться зажимными патронами, если в них изношены рабочие плоскости крепежных кулачков. Деталь следует захватывать в патроне кулачками на наибольшую возможную глубину, чтобы избежать выброса ее во время работы.

Перед установкой детали в центрах проверяют исправность центров и их совпадение по центральной линии. Нужно периодически смазывать центровые отверстия. Не следует применять центры с изношенными или забитыми конусами. Размеры токарных центров должны соответствовать центровым отверстиям обрабатываемой детали. Нельзя туго затягивать задний центр. Заднюю бабку и пиноль надо надежно закреплять, чтобы деталь опиралась на центр всей конусной частью центрального отверстия, при этом не допускать упора центра в дно центрального отверстия детали.

Нельзя работать на сработанных или забитых центрах. При обработке длинных деталей надо периодически проверять осевой нажим, создаваемый центром задней бабки. При скоростном точении центр задней бабки должен быть вращающимся. При выполнении чистовых операций на небольших деталях с высокой точностью можно использовать не вращающиеся центры; при этом применяют специальную смазку для заднего центра. Центры должны иметь твердосплавные наконечники. Для проверки надежности закрепления детали шпиндель станка вначале устанавливают на малую частоту вращения. При проверке величины биения детали пользуются палочкой мела или мелом в державке. Несимметричные детали перед обработкой должны быть тщательно сбалансированы, а их выступающие части должны иметь защитное ограждение.

При зачистке или полировке напильником детали, обрабатываемой на токарном станке, необходимо отвести суппорт с резцом на безопасное расстояние. Ручку напильника следует держать левой рукой, а его конец правой. При зачистке деталей наждачной бумагой пользуются специальными прижимными колодками (при зачистке наружных поверхностей) или круглой оправкой (при зачистке внутренних поверхностей).

Нельзя поддерживать деталь руками, в частности, при отрезании детали, закрепленной в центрах или в патроне. В этом случае необходимо пользоваться специальными деревянными державками для поддержки отрезаемой части детали.

Недопустимо во время работы станка измерять детали, проверять рукой чистоту наружной или внутренней поверхностей обрабатываемой детали, устанавливать или сменять резцы, чистить и смазывать станок, передавать через станок детали, инструмент, техническую документацию и пр. После окончания обработки детали суппорт с резцом необходимо отвести в сторону, станок и двигатель отключить. Для ускорения остановки выключенного станка нельзя тормозить рукой патрон или планшайбу.

### **6.2.2. Требования безопасности при работе на фрезерных станках**

При работе на фрезерных станках возможны несчастные случаи в результате соприкосновения с вращающейся фрезой, передаточным механизмом (зубчатым колесами, шкивами и пр.) и другими вращающимися частями станка, а также попадания в рабочего отлетающих частиц фрезы при ее поломке. Возможно также ранение рабочего при попадании в него отлетающей стружки, в особенности при скоростном фрезеровании, при соприкосновении рук рабочего со стружкой. Также при установке, снятии и транспортировании деталей и приспособлений, при обработке деталей, при неосторожном пользовании ручным инструментом.

Перед пуском станка необходимо убрать со станка инструмент и оставшиеся крепежные приспособления, подвести к фрезе наконечник подачи охлаждающей эмульсии, поставить на место защитный кожух (экран), после чего приступить к обработке детали.

Во избежание поломки зубьев фрезы направление вращения фрезы и направление подачи должны быть встречными. Попутное фрезерование (одинаковое направление вращения фрезы и подачи) допускается только на специальных станках.

В случае биения или вибрации фрезы станок надо остановить и устранить причину, их вызвавшую (затупление фрезы, прогиб оправки и др.).

При работе фрезерного станка не допускаются его смазывание и чистка, перестановка провода охлаждения, измерение обрабатываемой детали, снятие ограждения. Если стружка вылетает за пределы ограждения, что может иметь место

при скоростном фрезеровании или при обработке бронзы, чугуна, силумина, рабочему во избежание поражения глаз необходимо пользоваться защитными очками или экранами. По окончании обработки деталь нужно снимать осторожно в рукавицах, избегая касания непосредственно руками ее острых граней.

Перед установкой на станок обрабатываемые детали и приспособления необходимо очистить от стружки и масла, особенно установочные, контактные, их базовые или крепежные поверхности. Это позволит обеспечить правильную установку и прочность крепления детали. Детали необходимо закреплять в местах, находящихся, по возможности, ближе к обрабатываемой поверхности.

При креплении детали за необработанные поверхности рекомендуют применять тиски и приспособления с насечкой на прижимных губках. При пользовании для закрепления детали пневматическими, гидравлическими и электромагнитными приспособлениями необходимо тщательно оберегать от механических повреждений наконечники подачи воздуха или жидкости, а также электропроводку.

Деталь следует подавать только к вращающейся фрезе. Перед измерением обрабатываемую деталь следует отвести на безопасное расстояние от фрезы. Прежде чем вынуть деталь из тисков, патрона или прижимных планок, необходимо остановить станок и отвести режущий инструмент.

Набор фрез надлежит устанавливать на оправку так, чтобы зубья их были расположены в шахматном порядке. Врезание фрез в деталь должно происходить постепенно; механическую подачу необходимо включать до соприкосновения детали с фрезами. При ручной подаче нельзя допускать резких увеличений скорости и глубины резания. При фрезеровании недопустимо вводить руки в опасную зону вращения фрезы.

Следует пользоваться только исправной фрезой. Перед установкой фрезы необходимо проверить надежность и прочность крепления зубьев или пластин твердого сплава в корпусе фрезы; целость и правильность заточки пластин твердого сплава. Последние не должны иметь выкрошившихся мест, трещин, прижогов. Если режущие кромки фрезы затупились или выкрошились, ее следует заменить. Необходимо внимательно следить за наличием ограждения фрезы и работать только с огражденной фрезой.

Нельзя допускать скопления стружки на фрезе и оправке. При обработке вязких сталей необходимо применять фрезы со стружколомающими устройствами. Снимая фрезу со шпинделя, запрещается поддерживать ее незащищенными руками, следует пользоваться эластичной или деревянной подкладкой.

Приступая к работе на фрезерном станке, необходимо устранить забоины, тщательно очистить отверстие шпинделя и хвостовик оправки фрезы, а также поверхность передней втулки перед установкой фрезы в шпиндель. При установке хвостовика инструмента в отверстие шпинделя следует убедиться в том, что он садится плотно, без люфта. Установленную и закрепленную фрезу необходимо проверить на биение. Радиальное и торцов биение не должно превышать 0,1 мм.

При снятии переходной втулки, оправки или фрезы шпинделя надлежит пользоваться специальной выколоткой, подложив на стол станка деревянную подкладку.

При скоростном фрезеровании необходимо применять ограждения и приспособления для улавливания и отвода стружки (специальные стружкоотводчики, улавливающие и отводящие стружку в стружкосборник, прозрачные экраны или щитки).

Не следует оставлять ключ на головке затяжного болта после установки фрезы или оправки.

Чтобы остановить станок, необходимо выключить подачу, затем отвести фрезу от обрабатываемой детали и выключить двигатель.

Во время работы станка нельзя открывать или снимать ограждения и предохранительные устройства. При работе на тяжелых станках необходимо использовать устойчивые прочные подставки или лестницы, чтобы, находясь на них, можно было наблюдать за обработкой детали.

Фрезерные станки оборудуют быстродействующими и надежными тормозными устройствами. Передаточные валы, карданные соединения, выступающие задние концы шпинделей и шомполов фрезерных станков тщательно ограждают.

Конструкции консольно-фрезерных станков позволяют осуществить удобное и безопасное удаление стружки из пространства между консолью и станиной, а также укрытие этого пространства.

### **6.2.3. Требования безопасности при работе на сверлильных станках**

При работе на сверлильном станке может возникнуть опасность ранения рабочего стружкой или отлетающими осколками, обрабатываемой деталью при ее слабом закреплении, при прикосновении к вращающемуся сверлу, патрону или шпинделю станка. Устанавливая обрабатываемую деталь на столе сверлильного станка, необходимо надежно закрепить ее при помощи тисков, кондукторов и других приспособлений, чтобы деталь во время обработки не сдвигалась с места под действием режущего инструмента и не пружинила. Нельзя поддерживать во время обработки деталь непосредственно руками. Лишь особо тяжелые детали и большие листы могут устанавливаться на станке без крепления. При сверлении мелких деталей их можно придерживать клещами.

При установке детали в зажимных тисках необходимо проверять исправность тисков подбирать их соразмерно деталям. К столу станка тиски нужно крепить болтами, головки которых должны иметь размеры по пазу стола; возможно также крепление деталей прижимными планками, упорами и т. п.

При установке сверла необходимо проверять исправность хвостовика сверла и хвостовика у переходной конусной втулки, чистоту конусного отверстия шпинделя и поверхность входящего в шпиндель инструмента или переходной конусной втулки с инструментом, а также прочность крепления в шпинделе инструмента (сверла развертки, метчика). Если сверла устанавливаются в патроне с выступающими головками установочных винтов, то патроны нужно закрывать гладкими круглыми кожухами.

Сверло вынимают из патрона только при полной остановке станка. Для удаления сверла из шпинделя следует пользоваться специальным клином, который нельзя оставлять в пазу шпинделя.

Перед пуском станка необходимо убрать со стола ненужный инструмент и оставшиеся крепежные приспособления, подвести к инструменту трубопровод эмульсионного охлаждения и проверить, не угрожает ли кому-либо включение станка, снять рукавицы, так как они могут быть закручены вращающимся сверлом.

Уборку стружки в виде витой спирали следует производить крючком или щеткой. Недопустимо убирать и смахивать струж-

ку рукой. Во время работы нельзя стоять на линии вылета стружки из станка. Необходимо следить за исправностью режущего инструмента.

При обработке детали на радиально-сверлильном станке, при подводе траверсы со вставленным сверлом к месту сверления следует закрепить ее при помощи имеющихся на станке зажимных рукояток. Не допускается разгон на траверсе суппорта во избежание его выпадения за пределы направляющих.

После окончания сверления до пуска механизма подъема траверсы освобождается от зажимов и отводится в сторону.

Затупление инструмента (сверла, развертки) или его неправильная заточка могут вызвать поломку и заедание инструмента в обрабатываемой детали. В этом случае работу на станке необходимо прекратить.

При сверлении с ручной подачей нельзя сильно нажимать на сверло во избежание его поломки. Зенкер или сверло нужно подавать на деталь, постепенно увеличивая глубину резания. В противном случае, при резкой подаче, может быть вырвана деталь или режущий инструмент, что представляет опасность, как для самого рабочего, так и для окружающих.

Во время работы станка нельзя осуществлять: установку сверла или другого инструмента в патрон станка, проверку рукой остроты режущих кромок инструмента и глубины отверстия и выхода сверла из отверстия в детали, удаление стружки рукой с режущей грани инструмента, охлаждение сверла мокрыми концами или тряпкой, придерживаемых рукой, а также работать в рукавицах. Во время работы запрещается подводить трубопровод эмульсионного охлаждения к инструменту или производить его крепление, осуществлять переналадку станка, поправлять установку детали на станке, чистить и смазывать станок.

Смену инструмента во время работы станка разрешается производить только при наличии специального быстросменного патрона. При замене инструмента на многошпиндельных головках, где замена сопряжена с нахождением рук рабочего в зоне расположения головок, необходимо применять специальную подставку, предупреждающую падение головки.

В конструкциях многошпиндельных сверлильных станков предусматривают специальные устройства для пуска и выключения каждого шпинделя. Если в работе используется один

шпиндель, остальные должны быть выключены. Вертикально-сверлильные и радиально-сверлильные станки оснащают устройствами, предупреждающими самопроизвольное опускание траверса, хобота, кронштейна.

При работе центровыми сверлами, если автоматическое удаление стружки не предусмотрено, удаление ее из просверливаемого отверстия производят только после остановки сверла и его отвода. Нельзя выдувать ртом стружку из рассверленных отверстий.

По окончании обработки детали необходимо выключить сверлильный станок, вынуть инструмент, открепить деталь и убрать ее со стола или плиты станка, очистить станок и рабочее место от стружки.

#### **6.2.4. Требования безопасности при работе на строгальных станках**

Продольно-строгальные станки для предотвращения опасных последствий в случае выхода стола из зацепления снабжают тормозными, амортизирующими и ограничивающими устройствами.

Реверсивный механизм, механизмы подачи (эксцентрики, храповые зубчатые колеса, рейки, реечные зубчатые колеса и шестерни) строгальных станков должны иметь ограждения. Поперечно-строгальные станки оснащают стружкосборниками, а долбежные станки с механическим (кулисным) приводом ползуна оборудуют блокировкой, не позволяющей производить переключение скорости долбяка во время работы станка.

На горизонтально-протяжных станках механизм крепления протяжек должен быть оснащен защитным устройством (кожухом), надежно предохраняющим работающих от вылета частей случайно поломавшегося во время работы инструмента. Эти устройства должны также исключать возможность попадания рук рабочего в зону между протяжкой и кожухом.

При работе на продольно-строгальных станках необходимо проверить ограждение задней зоны максимального выхода ползуна из станины; ограждение зоны выхода стола за габарит станины станка.

При работе на станках, обрабатывающих крупногабаритные детали, рекомендуется пользоваться специальными прочными и устойчивыми подставками или лестницами. При установ-

ке обрабатываемой детали на станок и съеме ее со станка следует отвести стол или ползун как можно дальше от суппорта. Ограждения с торцов станка необходимо устанавливать на максимальную величину хода (вылета) ползуна или стола. Перед установкой на станок следует протереть деталь и поверхность закрепляющих устройств.

Закреплять обрабатываемую деталь на станке необходимо надежно и жестко. Крепление производить специальными крепежными деталями (болтами, прижимными планками, упорами). Упоры ставить так, чтобы они воспринимали усилия резания.

Перед пуском станка необходимо проверить правильность установки детали: на небольших станках путем перемещения стола или ползуна вручную (при этом стойки, суппорт и ползун не должны задевать деталь), на крупных станках – при помощи масштабной линейки (если невозможно вручную). Поднимать резец руками во время холостого (обратного) хода станка запрещается.

Не разрешается допускать людей и заходить самому в опасные зоны, если не выключен электродвигатель и не вывешен плакат, предупреждающий об опасности включения хода стола (ползуна). Нельзя засорять пол стружкой. На поперечно-строгальных станках необходимо устанавливать стружкосборники.

### **6.3. БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТ АБРАЗИВНЫМ ИНСТРУМЕНТОМ**

#### **6.3.1. Основные положения**

Обеспечение безопасных и здоровых условий труда без снижения его производительности является основной задачей безопасности труда. Для ее решения проводится большой комплекс мероприятий по улучшению условий труда, борьбе с производственными травмами. Основная часть этих мероприятий проводится при проектировании и строительстве цехов, конструировании станков, оборудования, приспособлений и инструментов, выборе технологии обработки заготовок.

Для предупреждения травм части станков, имеющие большую скорость возвратно-поступательного движения или высокую частоту вращения, снабжают оградительными и предохранительными защитными устройствами (барьеры, ре-



шетки, кожухи, щитки и т. п.). Для обеспечения на рабочем месте воздушной среды, соответствующей санитарным нормам, станки снабжают индивидуальными или групповыми отсасывающими устройствами. Некоторые современные станки имеют устройства и кожухи для закрывания и изоляции зоны обработки.

Однако полное обеспечение безопасной и безвредной работы возможно только в том случае, если каждый рабочий хорошо знает и обязательно соблюдает правила безопасности и гигиены труда, несоблюдение которых может привести к производственной травме, в результате которой наступает временная или постоянная потеря трудоспособности. Телесные повреждения могут произойти при механическом (ушибы, порезы, разрывы тканей, переломы костей), электрическом (электрический удар), химическом, тепловом (ожоги), световом (ослепление), акустическом (шумовая контузия) или другого рода воздействии на организм человека.

Работа с абразивным инструментом представляет повышенную опасность, что связано, прежде всего, с высокими скоростями резания, образованием абразивной пыли и мелкой металлической стружки, возможностью разрыва шлифовального круга, наличием аэрозолей смазочно-охлаждающей жидкости и т. п.

Основными причинами несчастных случаев при работе на заточных и шлифовальных станках являются: разрыв шлифовального круга во время вращения; попадание работающего под движущиеся части станка или его соприкосновение с вращающимся шлифовальным кругом; ненадежное закрепление заготовки на станке; несоблюдение правил обращения с электрооборудованием станка; несоблюдение общих требований безопасности труда (невнимательность при выполнении работы, неправильное ношение спецодежды и т. п.). Нельзя приступать к работе, связанной с использованием шлифовальных кругов, без получения инструктажа по безопасности труда.

*Перед началом работы необходимо:*

- выполнить все требования, связанные с подготовкой и установкой шлифовальных кругов; осмотреть рабочее место, убрать со станка и с пола все лишнее, что мешает работе; если пол возле рабочего места скользкий, залит эмульсией

## Глава 6. Безопасность трудовой деятельности на предприятии

или охлаждающей жидкостью, то необходимо посыпать его опилками, а под ноги положить деревянную решетку;

- привести в порядок свою рабочую одежду (нельзя работать в расстегнутом халате с широкими рукавами без манжет, достаточно плотно прилегающих к запястью рук);

- проверить исправность освещения рабочего места, отрегулировать местное освещение станка, протереть электролампу и ее арматуру;

- проверить наличие и исправность предохранительных и защитных устройств, устройств для закрепления абразивных инструментов и обрабатываемых заготовок (работать на станке со снятым кожухом шлифовального круга категорически запрещается);

- проверить и обеспечить смазку станка, подачу СОЖ, установить предохранительный прозрачный экран или надеть очки;

- проверить исправность пускового и остановочного устройств, механизмов переключения скоростей и подач, убедиться в исправности устройств, исключающих самопроизвольное включение станка.

*Во время работы необходимо:*

- шлифование и заточку производить по режимам, указанным в операционной карте (изменение режимов допускается после разрешения мастера или технолога);

- вначале включать механизм вращения круга, а затем механизмы подачи; при работе вручную включение подач производить плавно, без резких изменений и перегрузок круга; запрещается стоять в плоскости вращения круга, надо держаться несколько в стороне от него;

- точно устанавливать ограничители хода и упоры для переключения направления подач в соответствии с размерами обрабатываемой заготовки или затачиваемого инструмента; необходимо проверять надежность крепления передней и задней бабок на столе станка;

- правильно устанавливать обрабатываемую заготовку или затачиваемый инструмент на станке; размеры центров должны соответствовать размерам центровых отверстий; изношенные конусы центров применять запрещается, центровые отверстия перед установкой следует заполнять смазкой; после установки заготовки проверить закрепление задней бабки и пиноли;

- выполнять специальные требования безопасности труда, изложенные в соответствующих инструкциях.

### **6.3.2. Требования безопасности труда при подготовке к работе, установке и эксплуатации абразивных инструментов**

Современные заточные и шлифовальные станки при правильной их эксплуатации обеспечивают безопасные условия работы. Определенные требования должны выполняться при подготовке шлифовальных кругов к работе. Каждый круг, полученный от завода-изготовителя, с базы или со склада, должен быть проверен на отсутствие трещин, выбоин и других видимых дефектов. Отсутствие трещин проверяется легким простукиванием круга (по торцу) деревянным молотком массой 200-300 г. Круг без трещин, подвешенный на деревянный или металлический стержень, при простукивании должен издавать чистый звук. Дребезжащий звук свидетельствует о наличии трещин, внутренних расслоений или других дефектов; такой круг бракуют.

Условия и способы хранения абразивных кругов могут быть разными: в ящиках или коробках, стоя на ребре или стопкой на стеллажах и полках. Эти способы обязательно должны соответствовать требованиям, обеспечивающим сохранность инструмента.

При транспортировке абразивных инструментов со склада на рабочее место необходимо выполнять определенные правила: тележки должны иметь колеса с резиновыми шинами и рессоры; если дно и борта тележки не выложены упругим материалом, то под инструмент следует подложить амортизирующие прокладки из пенопласта, резины, стружек, опилок и т. п.; при перевозке кругов высота стопок должна быть не более 500 мм, а между кругами  $\varnothing$  500 мм и более следует проложить амортизирующие прокладки толщиной 3-5 мм и размером не менее половины диаметра круга; перекатка кругов по полу и перевозка их вместе с металлическими деталями не допускается.

Перед установкой на заточной или шлифовальный станок круги  $\varnothing$  150 мм и более, а скоростные (с рабочей скоростью свыше 40 м/с)  $\varnothing$  30 мм и более должны быть испытаны на прочность при вращении с испытательной скоростью, на 50% превышающей рабочую окружную скорость. Продолжительность вращения при испытаниях должна быть не менее: для кругов диаметром до 150 мм – 3 мин, свыше 150 мм – 5 мин.

Допускается проведение испытания кругов при вращении без выдержки с испытательной скоростью, на 65% превышающей рабочую окружную скорость.

Круги, подвергавшиеся какой-либо механической переделке, химической обработке, компенсации неуравновешенности путем вырубки и заливки свинцом или не имеющие в маркировке указаний о допустимой рабочей скорости, а также круги, срок гарантии которых истек, должны испытываться повторно. Максимально допустимые окружные скорости кругов зависят от их прочности и указываются в маркировке.

На каждом испытанном круге должна быть соответствующая отметка краской или ярлык, содержащий порядковый номер круга по книге испытаний, дату испытаний и подпись (или условный знак) ответственного за испытание лица. Применять круги без отметки не разрешается.

При установке на станок круг нужно закреплять фланцами или винтами. Диаметры и размеры кольцевых поверхностей, зажимающих круг с обеих сторон, должны быть одинаковы. Прижимную поверхность фланцев выполняют с поднутрением 0,1-0,3 мм для прокладок, изготовленных из эластичного материала (плотной бумаги, картона или резины) толщиной 0,5-1 мм в зависимости от диаметра круга. Прокладки должны быть с обеих сторон. Минимальная ширина кольцевой прижимной поверхности фланца регламентирована нормами в зависимости от диаметров круга и отверстия и устанавливается от 2,5 до 32 мм.

После установки во фланцах круг должен быть выверен в отношении центричности его периферии и перпендикулярности одной из его сторон к оси шпинделя. Гайки при креплении кругов должны затягиваться только гаечным ключом, удары по которому не допускаются.

Затяжку винтов при установке круга во фланцах необходимо проводить попарно – последовательно затягивать пару креплений, расположенных на диаметрально противоположных концах фланца. Это обеспечит равномерное распределение усилий затяжки винтов по окружности.

Без ограждения передаточные механизмы и вращающиеся части станка могут быть причиной травматизма, поэтому большинство современных станков имеют постоянные ограждения, прочно прикрепляемые к корпусу станка. Работать на станке, не имеющем необходимых ограждений, запрещается. Осо-

бое внимание уделяется кожуху круга, который должен быть изготовлен из листовой стали или стального литья и обладать необходимой прочностью. Минимальная толщина стенок кожуха зависит от размеров и рабочей окружной скорости круга и устанавливается в пределах от 3 до 8 мм при диаметре круга до 70 мм и от 20 до 30 мм при диаметрах свыше 750 мм.

Расположение и наибольшие допустимые углы раскрытия защитного кожуха зависят от типа станка и условий работы. Для кругов, применяемых на обдирочных и точильных станках, открытая часть должна быть не более 90°, причем угол раскрытия по отношению к горизонтальной линии не должен превышать 65°. Для этих станков допускается увеличивать угол раскрытия до 125°, располагать заготовку или затачиваемый инструмент при необходимости ниже оси круга. На круглошлифовальных, резьбошлифовальных, плоскошлифовальных, обдирочно-заточных и некоторых других станках кожухи имеют постоянное крепление.

На универсально-заточных станках по условиям работы приходится применять сменные защитные кожухи с передней стенкой или без нее (например, при заточке чашечными кругами, работающими торцом круга). Для передвижных кожухов угол раскрытия над горизонтальной плоскостью, проходящей через ось шпинделя станка, не должен превышать 30°. Если по условиям работы кожух имеет больший угол раскрытия, то необходимо устанавливать передвижные козырьки, служащие для его уменьшения. Козырьки должны плавно перемещаться во время установок и прочно закрепляться во время работы круга, их нельзя перемещать в процессе шлифования.

Особое внимание следует уделять величине зазора между периферией круга и передней кромкой предохранительного козырька на неподвижном кожухе – она не должна превышать 6 мм, что обеспечивает меньшую вероятность ранения в случае разрыва круга.

### **6.3.3. Требования безопасности труда при правке шлифовальных кругов**

Каждый круг после установки его на шпинделе станка должен предварительно вращаться не менее 5 мин вхолостую при рабочей частоте вращения при диаметре свыше 400 мм и не менее 2 мин при диаметре до 400 мм и обязательном нали-

ции защитного кожуха. Править рабочую поверхность круга можно лишь в том случае, когда круг надежно закреплен и проверена его прочность. Алмазный или безалмазный правящий инструмент устанавливают в державках или приспособлениях и жестко закрепляют на станке. У ручных правящих устройств необходимо иметь площадки для опоры их на подручник и упор, предохраняющий от вырывания устройства из рук во время правки. Следует использовать механизированные или автоматизированные подачи правящего инструмента; их величина не должна превышать допустимых значений.

Тип правящего инструмента и режимы правки должны соответствовать виду абразивной обработки, особенностям конструкции станка и характеру выполняемой работы. Правящий инструмент следует подводить к поверхности шлифовального круга осторожно во избежание перегрузки при их соприкосновении. Включать рабочую продольную подачу можно лишь после того, как правящий инструмент вошел в контакт с наиболее выступающими частями круга, обычно в середине его высоты.

#### **6.3.4. Требования безопасности труда при доводочных работах**

При выполнении доводочных операций наиболее важным является оборудование станков надежной, эффективной вентиляционной системой. Она должна обеспечивать не только надежный отсос пыли и отходов обработки, но и в ряде случаев быть приточно-вытяжной, т. е. взамен отсасываемой порции загрязненного воздуха должно подаваться такое же количество свежего, чистого. Чистый воздух должен подаваться непосредственно в зону, где находится рабочий. Приточно-вытяжные вентиляционные системы включают нагревательные и охлаждающие устройства, позволяющие подавать воздух с температурой, соответствующей санитарным нормам.

Вторым условием является обеспечение на рабочем месте хорошей освещенности. Следует иметь в виду, что выполнение таких ответственных, высокоточных операций, к которым относятся все доводочные операции, требует от рабочего повышенного зрительного напряжения. В связи с этим освещенность рабочей зоны у доводочного станка не просто должна соответствовать санитарным нормам, но и быть дос-

таточно равномерной и подходящей по качеству (правильные сочетания естественного и искусственного освещения, направленность светового потока, матовые электролампы или люминесцентные лампы). Для сохранения хорошей освещенности следует своевременно удалять пыль, как с лампы, так и со стекол световых фонарей и окон.

Шум и вибрации повышают утомляемость, ослабляют внимание, вызывают головные боли, поэтому станки и вспомогательное оборудование доводочных станков (отсосы, сепараторы, гидростанции и т. п.) должны проверяться на соответствие допустимым нормам вибрации и шума.

При работе на доводочных станках в сравнении с другими станками создается повышенная опасность вследствие особенностей самих технологических процессов: работа часто выполняется на высоких скоростях резания; абразивный инструмент обладает гораздо меньшей прочностью, чем лезвийный; он очень чувствителен к вибрациям, перегрузкам и ударным движениям. Малейшая неравномерность подачи или вращения инструментальных головок может вызвать невидимые микротрещины с последующим неожиданным разрушением абразивных кругов, брусков, ленты и т. п.

Вторая особенность работы на доводочных станках заключается в том, что большинство доводочных технологических процессов требуют применения смазочно-охлаждающих жидкостей на основе керосина и различных паст.

Если первые особенности доводочных процессов требуют лишь соблюдения правил хранения и замены абразивных инструментов, соблюдения требований технологического процесса, то для защиты от вредного влияния СОЖ необходимо постоянно выполнять следующие предписания: перед началом работы смазывать руки специальной мазью (50% вазелина и 50% водного ланолина); всегда пользоваться ограждениями для предотвращения разбрызгивания СОЖ; работать только в спецодежде и менять ее после работы; тщательно мыть руки теплой водой с мылом перед обедом и после работы; менять смазочно-охлаждающую жидкость в установленные сроки.

При работе на полировальных, ленточно-шлифовальных и некоторых шлифовальных станках главными вредными выделениями являются пыль и продукты разложения в результате высокой температуры в зоне резания. Может возникнуть также

и повышенная электроопасность, так как вредные выделения снижают диэлектрические свойства воздушной среды.

В некоторых случаях доводочные процессы ведутся с удержанием детали в руках. В таком случае применяются подручники, установка которых относительно инструмента должна соответствовать требованиям техники безопасности.

Из других особенностей работы на доводочных станках следует отметить, что обрабатываемые детали уже имеют достаточно высокую точность и низкие параметры шероховатости поверхности. Это требует особой аккуратности при хранении деталей до и после обработки. Желательно размещать их в деревянных кассетах или, в крайнем случае, перекладывать плотной бумагой. Следует помнить, что доводочные операции завершающие, и любые небрежности в обращении с деталями могут вывести в брак практически готовую, как правило, дорогостоящую деталь.

Безопасные условия работы на доводочных станках обеспечиваются наличием различных защитных и ограждающих устройств. К таким устройствам относятся защитные кожухи, щитки, различные решетки, а также блокировочные устройства.

#### **6.4. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ С ПОТРЕБИТЕЛЯМИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**

Электрический ток, проходя через тело человека, проявляется сложно и многообразно. Все случаи травмирования человека электрическим током делят на две основные группы: поражения внутреннего характера, так называемые электрические удары, и внешние местные травмы – ожоги, металлизация кожи, электрические «знаки» (метки тока).

Проходя через тело человека, ток может вызвать судорожное сокращение мышц, в том числе и мышцы сердца, что иногда приводит к прекращению деятельности сердца и дыхания. Поэтому наибольшую опасность для жизни и здоровья человека представляют внутренние поражения – электрические удары. Принято считать безопасным для человека ток до 0,02 А; проходящий через человека ток 0,1 А и выше является смертельным.

Сопротивление тела человека складывается из сопротивления внутренних органов и кожного покрова, оно колеблется в очень широких пределах. При расчетах принимается со-



противление человека, равное 1000 Ом. Наиболее опасным считается ток промышленной частоты (40-60 Гц). Чем дальше человек находится под действием тока, тем тяжелее наносимая ему травма. Для нормальных условий работы в сухих помещениях допускается напряжение, не превышающее 42 В.

Ожог является следствием теплового действия тока главным образом при образовании электрической дуги, а иногда при контакте тела человека с токоведущими частями.

*Электрические «знаки»* (метки тока) являются специфическими проявлениями на теле человека, часто определяющими места входа и выхода электрического тока.

*Металлизация кожного покрова* наблюдается при возникновении вольтовой дуги в результате внедрения в кожу испаряющихся мельчайших частиц металла.

Для защиты человека от поражения электрическим током имеются различные методы и средства, которые применяются в зависимости от обслуживаемого оборудования. Средства защиты делятся на общие, применяемые также станочниками, и на специальные, которыми пользуется электротехнический персонал.

*Общие средства защиты*, обеспечивающие недоступность токоведущих частей для случайного прикосновения, приведены ниже.

К средствам защиты относятся ограждения, изоляция токоведущих частей и проводов; размещение токоведущих проводов на недоступной высоте в коробах или защищенных ограждениями.

Одним из главных средств защиты является применение малого напряжения. Например, для питания ручного инструмента и ручных электроламп используется напряжение 12 или 42 В (для сухих помещений); цепи сигнальных ламп обычно включают на напряжение 6, 12, 24 и 36 В.

Схема электрооборудования станка присоединяется к силовой сети посредством вводного пакетного переключателя или автомата. Последний отключает станок в случае короткого замыкания. Для нулевой защиты применяется контактор, который отключает станок при снижении напряжения ниже допустимого или при кратковременном отключении силовой сети.

Во избежание случайных прикосновений к токоведущим частям электрооборудования шкаф управления снабжают зам-

ком и электроблокировкой, которая отключает станок при открывании шкафа.

Провода, прокладываемые по станку, для защиты от механических повреждений и вредных воздействий охлаждающей жидкости, монтируют в стальных трубах.

*Защитное заземление* – обязательное электрическое соединение с общезаводской системой защитного заземления или зануления станины станка, с которой электрически соединены все металлические элементы электрооборудования станка, не несущие тока (корпуса, кожухи, шкафы, трубы и др.). Если какой-либо элемент станка вследствие аварии окажется под напряжением, то заземление обеспечит электрическую безопасность при случайном прикосновении к нему человека, потому что по телу человека ток не пойдет.

Постоянное обслуживание и ремонт устройств электроснабжения и электрооборудования станка обеспечивают только подготовленные специалисты – электротехники. В своей работе они используют специальные защитные устройства и средства в зависимости от условий работы, которые перечислены ниже.

*Диэлектрические перчатки, галоши, коврики* используют как дополнительные средства защиты при работе с неисправным оборудованием и при наличии шагового напряжения.

*Изолирующие штанги* предназначены для отключения и включения однополюсных разъединителей, для наложения переносных участков электроснабжения и т. д.

*Изолирующие клещи* применяют при замене трубчатых предохранителей под напряжением и при ремонтных работах.

*Токоизмерительные клещи* служат для измерения тока и определения токонесущих элементов оборудования и др.

В случае поражения электрическим током нужно уметь оказать первую помощь пострадавшему таким образом, чтобы при этом самому избежать поражения. Этому вопросу посвящена специальная литература и плакаты, которые входят в учебную программу подготовки и повышения квалификации рабочих.

Оказание первой помощи пострадавшему от электрического тока описано ниже.

*Первое действие* – обесточивают участок, на котором находится пострадавший, отключением рубильника или автомата, через который производится электроснабжение станка. При

этом следует помнить, что к пострадавшему под напряжением можно прикасаться только в резиновых перчатках или можно оттянуть пострадавшего из зоны поражения электрическим током за одежду, если она сухая.

Для освобождения пострадавшего от упавшего электрического провода следует пользоваться предметами деревянными, из пластмассы или другого диэлектрика. При этом, чтобы не быть пораженным шаговым напряжением, следует обратить внимание на защитные свойства обуви или передвигаться мелким шагом на полступни.

Если пострадавший находится в сознании после освобождения от действия тока, то его следует уложить на подстилку. До прихода врача необходимо обеспечить пострадавшему покой и следить за его пульсом и дыханием.

При потере сознания, но при устойчивом дыхании и пульсе следует освободить грудную клетку пострадавшего от стягивающей одежды, расслабить пояс, обеспечить приток свежего воздуха и до прихода врача периодически давать нюхать нашатырный спирт.

При отсутствии признаков жизни нельзя считать пострадавшего мертвым. Остановка дыхания и прекращение работы сердца могут быть вызваны действием электрического тока (т. е. наступила так называемая клиническая смерть), и срочными мерами скорой помощи можно вернуть пострадавшего к жизни. Необходимо до прихода врача сделать пострадавшему массаж сердца и искусственное дыхание, используя приемы, которые показаны на специальных плакатах и в памятках по оказанию первой помощи.

Искусственное дыхание осуществляется путем ритмичного вдувания воздуха по принципу «рот в рот» или «рот в нос», а поддержание искусственного кровообращения – путем наружного массажа сердца. Для этого пострадавшего кладут на спину, под лопатки подкладывают валик из свернутой одежды. Оказывающий помощь подводит под затылок пострадавшего свою левую руку и отводит его голову назад. При этом положении открывают пострадавшему рот, освобождают платком рот от слизи, проверяют, не запал ли язык и нет ли во рту посторонних предметов (зубных протезов). Сделав два-три глубоких вдоха, оказывающий помощь вдувает через марлю или платок воздух из своего рта в рот или нос пострадавшего, при этом соответственно зажимает

его нос или рот для поступления воздуха в легкие пострадавшего. Частота искусственного дыхания не должна превышать 10-12 раз в минуту.

Для наружного массажа сердца освобождают грудную клетку пострадавшего от одежды и укладывают его спиной на жесткую поверхность. Оказывающий помощь становится рядом с пострадавшим, занимая такое положение, при котором возможен значительный над ним наклон. Накладывают на нижнюю часть грудной клетки пострадавшего ладонь вытянутой руки, а сверху ее накладывают ладонь другой руки, чтобы увеличить силу давления. Надавливают на грудную клетку пострадавшего быстрым толчком (примерно один раз в секунду) так, чтобы продвинуть нижнюю часть грудины вниз в сторону позвоночника на 3-4 см. После каждого надавливания быстро отнимают руки от грудной клетки, чтобы не мешать ее свободному выпрямлению. Массаж сердца можно проводить в паузы между периодами искусственного дыхания. В этом случае оказывающих помощь должно быть двое.

### **6.5. ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

Обеспечение пожарной безопасности на предприятии закладывается при планировке зданий и сооружений. Здания и сооружения на территории предприятия размещаются с соблюдением требований и норм пожарной безопасности.

Производственные и вспомогательные помещения оборудуются запасными выходами, предназначенными для эвакуации работников в случае пожара. Во всех производственных и вспомогательных помещениях должны быть вывешены схемы эвакуации людей и ценных предметов при пожаре. При этом обязательным условием является кратчайшее расстояние от рабочего места до выхода, а также обязательное выполнение требований инструкции по порядку эвакуации работающих из помещения в случае пожара. Этим предупреждаются возможные несчастные случаи, повреждения и травмы при выходе людей из помещения.

При работе на металлорежущих станках необходимо соблюдать инструкции по обработке материалов, которые создают концентрацию пылевой взрывоопасной взвеси в воздухе, например, из магниевых сплавов. Смазочные материалы убирают в тумбочку, с тем, чтобы исключить возгорание

## СЛЕСАРНОЕ ДЕЛО. Механическая обработка деталей на станках

при попадании раскаленной стружки. Неиспользованные обтирочные материалы также хранят в тумбочке, а использованные (промасленные) обтирочные материалы сразу относят в специально отведенные места.

Надо также помнить, что при работе допускается кратковременная перегрузка станка. При длительной перегрузке, т. е. при нагрузках, превышающих мощность электродвигателя, последний перегревается и может сгореть. Поэтому при появлении признаков возгорания двигателя необходимо обесточить станок и вызвать дежурного электрика. Следует помнить, что тушить электродвигатель водой нельзя, так как влажная среда электропроводна, что может вызвать поражение электрическим током рабочего и окружающих.

Быстрое обнаружение загорания и немедленное сообщение об этом мастеру и пожарной дружине является важным условием своевременного ограничения распространения и ликвидации пожара. Для сообщения о пожаре используют специальную сигнальную систему сигнализации и телефонную связь.

Пожар – процесс горения, который может быть прерван прекращением доступа воздуха к горящему предмету или снижением его температуры. В цехах обычно в специальных шкафах размещены пожарные краны и рукава с насадками для управления струей воды, ящики с песком и щиты с инструментом.

Другим распространенным средством тушения пожара, особенно при загорании оборудования, являются огнетушители (воздушно-пенные, жидкостные, порошковые, углекислотные и др.). Наиболее распространены воздушно-пенные огнетушители, при использовании которых на горящем предмете образуется слой пены, изолирующий предмет от притока свежего воздуха.

## ЛИТЕРАТУРА

- Аршинов В.А., Алексеев Г.А.** Резание металлов и режущий инструмент. М.: Машиностроение. 1976.
- Блюмберг В.А., Зазерский Е.И.** Справочник фрезеровщика. Л.: Машиностроение. 1984.
- Ганевский Г.М., Гольдин И.И.** Допуски, посадки и технические измерения. М.: Высшая школа. 1998.
- Длоугий В.В., Муха Т.И. и др.** Приводы машин. Справочник. Л.: Машиностроение. 1982.
- Драгун А.П.** Режущий инструмент. Л.: Лениздат. 1986.
- Кащук В.А., Верещагин А.Б.** Справочник шлифовщика. М.: Машиностроение. 1988.
- Косовский В.Л.** Справочник молодого фрезеровщика. М.: Высшая школа. 1985.
- Мазов В.А., Шуминов А.И.** Охрана труда в машиностроении. М.: Машиностроение. 1983.
- Наерман М.С.** Справочник молодого шлифовщика. М.: Высшая школа. 1985.
- Панов Ф.С., Травин А.И.** Работа на станках с ЧПУ. Л.: Лениздат. 1986.
- Перель Л.Я., Филатов А.А.** Подшипники качения. Справочник. М.: Машиностроение. 1992.
- Попов С.А.** Заточка и доводка режущего инструмента. М.: Высшая школа. 1986.
- Попов С.А.** Шлифовальные работы. М.: Высшая школа. 2002.
- Попов С.А.** Заточка и доводка режущего инструмента. М.: Высшая школа. 1986.
- Саранча Г.А.** Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. М.: Изд. Стандартов. 1988.
- Скороходов Е.А. и др.** Общетехнический справочник. М.: Машиностроение. 1989.

СЛЕСАРНОЕ ДЕЛО. Механическая обработка деталей на станках

**Стерин И.С.** Машиностроительные материалы. Л.: Лениздат. 1986.

**Тамбулатов Б.Я.** Доводочные станки. М.: Машиностроение. 1980.

**Фещенко В.Н., Махмутов Р.Х.** Токарная обработка. М.: Высшая школа. 2005.













ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ  
И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

# ТЯЖЕЛОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

**«Тяжелое машиностроение»** ([www.tiajmash.ru](http://www.tiajmash.ru)) – ежемесячный научно-технический и производственный журнал, ведущий печатный орган отраслей тяжелого, энергетического и транспортного машиностроения. Журнал входит в Перечень ВАК научных периодических изданий и включен в систему Российского индекса научного цитирования.

Подписные индексы:

по каталогу агентства

"Роспечать" – **71109**;

по объединенному каталогу

«Пресса России» – **46326**

**ЭЛЕКТРОННУЮ ВЕРСИЮ**

см. в Научной электронной

библиотеке [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)





# ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ ———— В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ

PROFESSIONAL EDUCATION IN RUSSIA AND ABROAD

- Научно-образовательный журнал
- Освещает вопросы профессионального образования и сравнительной педагогики, опыт регионов и отдельных исследователей и практиков
- Входит в Перечень ведущих научных изданий, рекомендованных ВАК Минобрнауки России для опубликования основных научных результатов диссертаций
- Включен в систему Российского индекса научного цитирования
- Имеет Международный стандартный серийный номер ISSN 2220-3036 в Международном центре в Париже
- Полнотекстовая версия размещена в научной библиотеке eLIBRARY.ru

**ПРИГЛАШАЕМ ВАС СТАТЬ  
АВТОРАМИ И ПОДПИСЧИКАМИ!**  
Издается четыре раза в год.  
Подписка оформляется  
по каталогу "Пресса России"  
(индекс 41931),  
во всех филиалах Почты России  
или через редакцию журнала.

Электронная версия  
на сайте издателя [www.kripro.ru](http://www.kripro.ru)  
e-mail: [magazine@kripro.ru](mailto:magazine@kripro.ru)  
тел./ факс: +7(384-2) 37-85-19

**СОДЕРЖАНИЕ**

<b>ВВЕДЕНИЕ .....</b>	<b>3</b>
<b>Глава 1</b>	
<b>ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ПРОЦЕСС</b>	
<b>ИЗГОТОВЛЕНИЯ МАШИН .....</b>	<b>5</b>
1.1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОЦЕССЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН .....	5
1.2. МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ НА СТАНКАХ .....	9
<b>Глава 2</b>	
<b>ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ НА СТАНКАХ ЛЕЗВИЙНЫМ</b>	
<b>ИНСТРУМЕНТОМ.....</b>	<b>13</b>
2.1. ОСНОВЫ ТЕОРИИ РЕЗАНИЯ МЕТАЛЛОВ ЛЕЗВИЙНЫМ ИНСТРУМЕНТОМ .....	13
2.1.1. Образование стружки .....	13
2.1.2. Тепловые явления при резании .....	15
2.1.3. Износ режущего инструмента .....	16
2.1.4. Влияние смазочно-охлаждающей жидкости на процесс резания .....	19
2.1.5. Основные факторы, влияющие на силу резания .....	20
2.2. ЖЕСТКОСТЬ И ВИБРАЦИИ УПРУГОЙ ЗАМКНУТОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ .....	22
2.3. ОБРАБОТКА НА ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНЫХ СТАНКАХ .....	25
2.3.1. Основные сведения .....	25
2.3.2. Установка заготовок .....	30
2.3.3. Наладка и настройка токарно-винторезного станка .....	35
2.3.4. Режущий инструмент .....	39
2.3.5. Режимы резания .....	46
2.3.6. Сверление и рассверливание при токарной обработке ....	50
2.3.7. Зенкерование и развертывание при токарной обработке	52
2.3.8. Организация и обслуживание рабочего места токаря .....	54
2.3.9. Правила безопасности и уход за станком .....	57
2.4. ОБРАБОТКА НА СТРОГАЛЬНЫХ СТАНКАХ .....	59
2.4.1. Основные сведения .....	59
2.4.2. Устройство поперечно-строгальных станков .....	61
2.4.3. Приспособления для установки заготовок на столе .....	62
2.4.4. Процесс обработки заготовок при строгании .....	69
2.4.5. Основные сведения о строгальных резцах .....	70
2.4.6. Установка и крепление резца .....	73
2.4.7. Выбор режимов резания .....	74
2.4.8. Техника безопасности при работе на строгальных станках .....	77

## СЛЕСАРНОЕ ДЕЛО. Механическая обработка деталей на станках

2.5. ОБРАБОТКА НА СВЕРЛИЛЬНЫХ СТАНКАХ .....	79
2.5.1. Основные сведения .....	79
2.5.2. Сверла .....	81
2.5.3. Режимы резания .....	84
2.5.4. Зенкеры .....	87
2.5.5. Развертки .....	87
2.5.6. Приспособления для закрепления сверл .....	89
2.5.7. Приспособления для закрепления изделий на станке .....	91
2.5.8. Технология и приемы сверления .....	92
2.5.9. Нарезание резьбы .....	95
2.6. ОБРАБОТКА НА ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКАХ .....	98
2.6.1. Основные сведения о процессе фрезерования .....	98
2.6.2. Классификация фрез .....	99
2.6.3. Конструкция фрез .....	100
2.6.4. Основные виды и схемы фрезерования .....	106
2.6.5. Элементы режимов резания .....	110
2.6.6. Фрезерные станки .....	123
2.6.7. Приспособления для установки и закрепления заготовок ...	126
2.6.8. Приспособления для установки и закрепления режущего инструмента .....	127
2.6.9. Приспособления, расширяющие технические возможности фрезерных станков .....	131
2.6.10. Основные фрезерные работы .....	134
2.6.11. Основные правила техники безопасности при работе на фрезерных станках .....	156

### **Глава 3**

## **ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ НА СТАНКАХ**

<b>АБРАЗИВНЫМ ИНСТРУМЕНТОМ .....</b>	<b>160</b>
3.1. ОСНОВЫ ТЕОРИИ РЕЗАНИЯ МЕТАЛЛОВ АБРАЗИВНЫМ ИНСТРУМЕНТОМ .....	160
3.1.1. Шлифование .....	160
3.1.2. Назначение режимов шлифования .....	162
3.2. ШЛИФОВАЛЬНЫЕ КРУГИ .....	163
3.3. ОБРАБОТКА НА КРУГЛОШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКАХ .....	176
3.3.1. Круглошлифовальные станки .....	176
3.3.2. Установка и крепление обрабатываемой детали на станке .....	178
3.3.3. Установка деталей на оправке для шлифования в центрах .....	182
3.3.4. Способы шлифования на универсальных круглошлифовальных станках .....	184
3.3.5. Выбор и установка шлифовального круга .....	185
3.3.6. Режимы шлифования .....	187
3.3.7. Глубина шлифования .....	187
3.3.8. Продольная подача .....	188

3.3.9. Шлифование с продольной подачей .....	188
3.3.10. Глубинное шлифование .....	189
3.3.11. Врезное шлифование .....	190
3.3.12. Совмещенное шлифование .....	191
3.3.13. Скоростное шлифование .....	191
3.3.14. Силовое шлифование .....	191
3.3.15. Шлифование конических поверхностей .....	191
<b>3.4. ОБРАБОТКА НА БЕСЦЕНТРОВЫХ</b> <b>КРУГЛОШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКАХ .....</b>	<b>193</b>
<b>3.5. ОБРАБОТКА НА ВНУТРИШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКАХ .....</b>	<b>205</b>
3.5.1. Внутришлифовальные станки .....	205
3.5.2. Шлифование отверстий .....	208
3.5.3. Установка и крепление обрабатываемой детали .....	212
<b>3.6. ОБРАБОТКА НА ПЛОСКОШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКАХ .....</b>	<b>214</b>
<b>3.7. ОБРАБОТКА НА СУПЕРФИНИШНЫХ СТАНКАХ .....</b>	<b>231</b>
<b>3.8. ОБРАБОТКА НА ХОНИНГОВАЛЬНЫХ СТАНКАХ .....</b>	<b>236</b>
<b>3.9. ОБРАБОТКА НА СТАНКАХ ДЛЯ ЛЕНТОЧНОГО</b> <b>ШЛИФОВАНИЯ И ПОЛИРОВАНИЯ .....</b>	<b>240</b>
<b>3.10. ОБРАБОТКА НА СТАНКАХ ДЛЯ ДОВОДКИ-ПРИТИРКИ</b> <b>СВОБОДНЫМ АБРАЗИВОМ .....</b>	<b>243</b>
3.10.1. Обработка доводкой-притиркой свободным абразивом .....	243
3.10.2. Доводочные станки .....	247
3.10.3. Основные сведения о процессе доводки отверстий .....	250

## **Глава 4**

### **ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ**

<b>НА СТАНКАХ С ЧПУ .....</b>	<b>253</b>
<b>4.1. СИСТЕМЫ ЧИСЛОВОГО</b> <b>ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ СТАНКАМИ .....</b>	<b>253</b>
4.1.1. Системы циклового и числового программного управления .....	253
4.1.2. Ввод управляющих программ .....	255
4.1.3. Системы числового программного управления (СЧПУ) .....	256
4.1.4. Разомкнутые, замкнутые и самонастраивающиеся СЧПУ .....	257
4.1.5. Позиционные, контурные и комбинированные СЧПУ ..	260
4.1.6. Интерполяторы .....	262
4.1.7. Дискретность .....	264
4.1.8. Система координат для станков с ЧПУ .....	265
4.1.9. Способ и начало отсчета координат .....	268
4.1.10. Число программируемых движений .....	270
4.1.11. Особенности конструкции станков с ЧПУ .....	271
4.1.12. Приводы станков с ЧПУ .....	272
4.1.13. Режущий инструмент и приспособления для токарных станков с ЧПУ .....	284



## СЛЕСАРНОЕ ДЕЛО. Механическая обработка деталей на станках

4.1.14. Режущий инструмент и приспособления на фрезерных станках с ЧПУ .....	294
4.1.15. Режущий инструмент и приспособления для сверлильных и расточных станков с ЧПУ .....	300
4.1.16. Точность обработки и выбор технологических баз .....	307
4.1.17. Организация обслуживания, наладки и ремонта станков с ЧПУ при эксплуатации .....	315

### **Глава 5**

#### **КАЧЕСТВО ЗАТОЧКИ ИНСТРУМЕНТА**

#### **И ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ..... 319**

5.1. ПРОЦЕСС ЗАТОЧКИ ИНСТРУМЕНТА .....	319
5.1.1. Основные сведения .....	319
5.1.2. Заточка на универсально-заточных станках .....	319
5.1.3. Заточка инструмента на специализированных станках .....	333
5.2. ОСНОВЫ ТЕХНИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ .....	376
5.2.1. Меры длины .....	377
5.2.2. Применение плоскопараллельных концевых мер длины .....	379
5.2.3. Средства измерения линейных размеров .....	380
5.2.4. Средства измерений отклонений от прямолинейности ..	382
5.2.5. Измерительные инструменты .....	383
5.2.6. Микрометрические инструменты .....	387
5.2.7. Измерительные головки-индикаторы .....	389
5.2.8. Калибры .....	394
5.2.9. Шаблоны .....	396
5.2.10. Индикаторная скоба – пассаметр .....	397
5.2.11. Средства измерения углов и конусов .....	399
5.3. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ .....	405
5.3.1. Макрогеометрия обработанной поверхности .....	407
5.3.2. Методы контроля макрогеометрии поверхностей детали	410
5.3.3. Методы контроля микрогеометрии поверхностей детали	415
5.3.4. Измерение шероховатости поверхности .....	420

### **Глава 6**

#### **БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

#### **НА ПРЕДПРИЯТИИ ..... 424**

6.1. ОХРАНА ТРУДА И ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ НА ПРЕДПРИЯТИИ .....	424
6.2. БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТ ЛЕЗВИЙНЫМ ИНСТРУМЕНТОМ .....	427
6.3. БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТ АБРАЗИВНЫМ ИНСТРУМЕНТОМ .....	437
6.4. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ С ПОТРЕБИТЕЛЯМИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ .....	445
6.5. ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ .....	449

#### **ЛИТЕРАТУРА ..... 451**

# КНИГИ ПОЧТОЙ

Заказ можно сделать  
на сайте издательства  
[www.infra-e.ru](http://www.infra-e.ru)

№ п/п	Наименование книги	Кол-во
1	Англо-русский словарь дорожника	
2	Внутренние электромонтажные работы	
3	Компьютерные технологии в подготовке и управлении строительством объектов	
4	Конструирование источников питания звуковых усилителей	
5	Логистика: персонал, технологии, практика	
6	Методы проектирования электронных устройств	
7	Методы рациональной автоматизации производства	
8	Микропроцессорные реле защиты: устройство, проблемы, перспективы	
9	Основы вибродиагностики и средства измерения вибрации	
10	Первая книга SEO-копирайтера. Как написать текст для поисковых машин и пользователей	
11	Порядок создания, модернизации и сопровождения АСУТП	
12	Производство бетонных работ в зимних условиях	
13	Славное имя - высокая честь: энциклопедия имен, книга для семейного чтения	
14	Специальные бетоны	
15	Справочник бурового мастера в 2-х томах	
16	Справочник дорожного мастера	
17	Справочник инженера по наладке, совершенствованию технологии и эксплуатации электрических станций и сетей	
28	Справочник инженера по отоплению, вентиляции и кондиционированию	
29	Справочник инженера по охране окружающей среды (эколога)	
20	Справочник инженера по охране труда	
21	Справочник инженера по пожарной охране	
22	Справочник инженера предприятия технологического транспорта и спецтехники в 2-х томах	
23	Справочник мастера погрузочно-разгрузочных работ	
24	Справочник мастера строительно-монтажных работ	
25	Справочник по строительному материаловедению	
26	Справочник цехового энергетика	
27	Строительные минеральные вяжущие материалы	
28	Управление потенциально опасными технологиями	
29	Учет внеоборотных активов	
30	Фасовочное оборудование малых предприятий	
31	Французско-русский железнодорожный словарь	
32	Экспертные методы управления технологичностью промышленных изделий. Монография	
33	Энциклопедия народной мудрости: (подарочное издание)	

**Фещенко Владимир Николаевич**

**СЛЕСАРНОЕ ДЕЛО.  
Книга 2  
Механическая обработка деталей на станках**

*Учебное пособие*

Руководитель проекта  
**К.Н. Уваров**

Главный редактор  
**И.А. Лукина**

Верстка  
**А.С. Ярцев**

Подписано в печать 03.09.2012.  
Формат 84x108/32. Бумага офсетная.  
Гарнитура «Прагматика».  
Объем 26,5 печ. л.  
Тираж 1500 экз. Заказ №

**Издательство «Инфра-Инженерия»**  
Тел.: 8(911)512-48-48  
E-mail: [infra-e@yandex.ru](mailto:infra-e@yandex.ru)  
[www.infra-e.ru](http://www.infra-e.ru)

---

***Издательство «Инфра-Инженерия»  
приглашает к сотрудничеству авторов  
научно-технической литературы.***