

А. Н. Марков

**УЧЕБНАЯ ПРАКТИКА
ОСНОВЫ СЛЕСАРНЫХ
И СТАНОЧНЫХ РАБОТ**

Учебное пособие

**Санкт-Петербург
2024**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«Санкт-Петербургский государственный университет
промышленных технологий и дизайна»
Высшая школа технологии и энергетики**

А. Н. Марков

УЧЕБНАЯ ПРАКТИКА
ОСНОВЫ СЛЕСАРНЫХ
И СТАНОЧНЫХ РАБОТ

Учебное пособие

Утверждено Редакционно-издательским советом ВШТЭ СПбГУПТД

Санкт-Петербург
2024

УДК 683.3 (075.32)

ББК 34.671я722

М 89

Рецензенты:

генеральный директор ООО «Проммонтажсервис НТ»

А. А. Таразанов;

кандидат технических наук, доцент Высшей школы технологии и энергетики
Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий
и дизайна

И. Д. Соколова

Марков, А. Н.

М 89 Учебная практика. Основы слесарных и станочных работ: учеб. пособие
/ А. Н. Марков. — СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2024. — 139 с.
ISBN 978-5-91646-422-1

Учебное пособие соответствует программам и учебным планам учебной практики для студентов, обучающихся по направлению подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование». Изложена информация об обеспечении безопасных условий труда на слесарно-механическом участке машиностроительного предприятия. Также в пособии приведены сведения о разнообразии станочного оборудования и выполняемых на нем работ.

Пособие предназначено для подготовки бакалавров очной и заочной форм обучения. Отдельные разделы пособия могут быть полезны при повышении квалификации слесарей механосборочных цехов, слесарей-ремонтников, -инструментальщиков, слесарей по сборке металлоконструкций, токарей, фрезеровщиков, шлифовщиков, сверловщиков, станочников широкого профиля, операторов станков с ЧПУ, сварщиков, гальваников, контролеров станочных и слесарных работ.

УДК 683.3 (075.32)

ББК 34.671я722

ISBN 978-5-91646-422-1

© ВШТЭ СПбГУПТД, 2024

© Марков А. Н., 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. БЕЗОПАСНЫЕ УСЛОВИЯ ТРУДА НА СЛЕСАРНО-МЕХАНИЧЕСКОМ УЧАСТКЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ.....	5
2. СЛЕСАРНОЕ ДЕЛО.....	7
2.1. Рабочее место слесаря	8
2.2. Плоскостная разметка	11
2.3. Рубка металла	16
2.4. Правка и рихтовка металла (холодным способом).....	19
2.5. Резка металла	22
2.6. Опиливание металла	27
2.7. Сверление	31
2.8. Зенкерование, зенкование и развертывание отверстий.....	33
2.9. Нарезание резьбы	37
2.10. Клепка.....	42
2.11. Шабрение	43
3. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКАХ.....	46
3.1. Классификация металлорежущих станков	46
3.2. Точение.....	50
3.3. Стругание и долбление	62
3.4. Протягивание	67
3.5. Сверление отверстий.....	72
3.6. Фрезерование	84
3.7. Абразивная обработка деталей машин, шлифование.....	100
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	137
ПРИЛОЖЕНИЕ	138

ВВЕДЕНИЕ

Качественная подготовка бакалавров и инженеров, подготавливаемых высшими учебными заведениями РФ, несомненно, связана с приобретением производственных навыков. В связи с этим, начиная с первого курса, студенты вузов направлений подготовки, связанных с машиностроением, проходят различного рода практики.

Областью науки для учебной практики являются отдельные разделы технологии машиностроения и технологии конструкционных материалов.

Объектами изучения курса являются оборудование, технологическая оснастка, приспособления и рабочие инструменты, применяемые в слесарном и станочном деле. Видами профессиональной деятельности являются слесарное, токарное, фрезерное, сверлильное и шлифовальное дело.

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать: Теоретические основы слесарного и станочного дела, оборудование, оснастку, режимы обработки и применяемый инструмент, технику безопасности при выполнении слесарных и станочных работ.

Уметь: Работать на металлорежущих станках, пользоваться слесарным инструментом.

Владеть: Теоретическими знаниями по применению слесарного и станочного оборудования, организационно-технологической оснастки, а также применяемого инструмента.

Основными задачами учебного процесса являются:

- получение практических навыков по слесарной обработке металлов;
- ознакомление с оборудованием и инструментами, применяемыми при изготовлении деталей.

В программу обучения входит общий курс слесарной и станочной подготовки, т. е. изучение в теории и на практике операций и типичных видов работ, составляющих их общую профессиональную основу.

Учебное пособие состоит из трех глав.

В главе 1 рассмотрены общие вопросы безопасных условий труда на производстве при выполнении слесарных и станочных работ.

Глава 2 посвящена организации рабочего места слесаря. Также в ней дано описание слесарных видов работ с применяемым оборудованием, оснасткой и применяемого рабочего инструмента.

В главе 3 представлена классификация металлорежущего оборудования, основные виды работ при механической обработке изделий с применением технологического оборудования, оснастки и рабочего инструмента.

1. БЕЗОПАСНЫЕ УСЛОВИЯ ТРУДА НА СЛЕСАРНО-МЕХАНИЧЕСКОМ УЧАСТКЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Охрана труда – это система законодательных актов, организационных, технических, гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий и средств, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособность человека в процессе труда.

Несчастные случаи на производстве – ушибы, ранения и т. д. – называются производственным травматизмом, который чаще всего происходит по двум причинам: вследствие недостаточного освоения работающими производственных навыков и отсутствия необходимого опыта в обращении с инструментом и оборудованием; из-за невыполнения правил безопасности труда и правил внутреннего распорядка.

Опасность представляют внутриводской автомобильный и безрельсовый электротранспорт, ручные вагонетки, тележки, а также движение рабочих в узких проходах или на путях, где работает грузоподъемный транспорт.

При работе с электроинструментами следует применять индивидуальные средства защиты – резиновые перчатки, калоши и коврики, изолирующие подставки и т. п.

До начала работы необходимо:

- надеть спецодежду, проверить, чтобы у нее не было свисающих концов; рукава надо застегнуть или закатать выше локтя;
- подготовить рабочее место; освободить нужную для работы площадь, удалив все посторонние предметы; обеспечить достаточную освещенность; заготовить и разложить в соответствующем порядке требуемые для работы инструменты, приспособления, материалы и т. п.;
- проверить исправность инструмента, правильность его заточки и доводки;
- проверить исправность рабочего оборудования и его ограждения;
- перед поднятием грузов проверить исправность подъемных приспособлений (блоки, домкраты и др.); все подъемные механизмы должны иметь надежные тормозные устройства, а масса поднимаемого груза не должна превышать грузоподъемности механизма; не следует превышать предельные нормы массы переносимых вручную грузов, установленные действующим законодательством об охране труда для мужчин, женщин, юношей и девушек.

Во время работы необходимо:

- прочно зажимать в тисках деталь или заготовку, а во время установки или снятия ее соблюдать осторожность, так как при падении деталь может нанести травму;
- опилки с верстака или обрабатываемой детали удалять только щеткой;

- не пользоваться при работах случайными подставками или неисправными приспособлениями;
- при рубке металла учитывать, в какую сторону полетят отлетающие частицы, и установить с этой стороны защитную сетку; работать в защитных очках;
- не допускать загрязнения одежды керосином, бензином, маслом;
- при работе с пневматическим инструментом проверить целостность шлангов и соединений;
- не держать пневматический инструмент за шланги и разъединять их при работе;
- включать воздух только после установки инструмента в рабочее положение.

По окончании работы необходимо:

- тщательно убрать рабочее место;
- уложить инструмент, приспособления и материалы на соответствующие места;
- во избежание самовозгорания промасленной ветоши и возникновения пожара убрать ее в специальные металлические ящики с плотно закрывающейся крышкой.

Противопожарные мероприятия

Источниками пожара могут быть: токи короткого замыкания, образующие электрическую дугу; перегрев электрических сетей и электрооборудования; теплота, образующаяся при трении дисков, подшипников, ременных передач; искровые разряды статического электричества; пламя; лучистая энергия; искры.

Температура вспышки – это наименьшая температура горючей жидкости, при которой создается смесь газов или паров с воздухом, способная воспламениться и гореть кратковременно при поднесении открытого огня.

Температурой воспламенения называется наименьшая температура горючего вещества, при которой оно загорается от открытого источника воспламенения (пламени) и продолжает гореть после удаления этого источника.

Основное предупредительное мероприятие против пожаров – это постоянное содержание в чистоте и порядке рабочего места, осторожное обращение с огнем, нагревательными приборами и легковоспламеняющимися веществами.

Простейшие противопожарные средства и инвентарь – ящики с песком и лопатами, кульки с песком, пожарный кран, насосы, огнетушители – должны быть всегда в наличии и исправны.

При возникновении пожара необходимо выключить все электроустановки, немедленно по телефону или специальным сигналом вызвать пожарную команду и принять меры к тушению пожара собственными силами с помощью имеющегося противопожарного оборудования и инвентаря.

К средствам пожаротушения относятся также ведра и гидропульты для воды, различные покрывала (асбестовые одеяла, кошмы, брезенты).

При пожаре нельзя выбивать стекла в окнах, так как это увеличивает приток воздуха, способствуя усилению огня. В случае пожара необходимо сохранять спокойствие и беспрекословно выполнять распоряжения руководителей. Дисциплина и организованность – основное условие успеха борьбы с пожаром.

2. СЛЕСАРНОЕ ДЕЛО

Слесарные работы – это обработка металлов, обычно дополняющая станочную механическую обработку или завершающая изготовление металлических изделий соединением деталей, сборкой машин и механизмов, а также их регулированием. Слесарные работы выполняются с помощью ручного или механизированного слесарного инструмента, либо на станках.

Особое развитие слесарное ремесло получило после Великой Октябрьской социалистической революции. Наши ученые, инженеры, техники и рабочие много сделали, чтобы заменить тяжелый, малопродуктивный ручной труд работой механизмами машин. С появлением металлорежущих станков и их совершенствованием постепенно сокращалась роль и доля ручного труда, который стал заменяться трудом строгальщиков, токарей, фрезеровщиков, шлифовщиков и др. Но одной из ведущих остается профессия слесаря. По-прежнему ценится труд слесаря – мастера, от которого требуется умение выполнять все виды ручной обработки металлов.

Виды слесарных работ

Слесарные работы применяются в различных видах производства.

Слесарные работы различных видов объединяет единая технология выполнения операций, к которым относятся разметка, рубка, правка и гибка, резка, опиливание, сверление, зенкование и зенкерование, развертывание отверстий, нарезание резьбы, клёпка, шабрение, распиливание и припасовка, притирка и доводка, пайка, лужение, склеивание.

На предприятиях или в мастерских, выпускающих разнородные изделия в небольших количествах (единичное производство), от слесарей требуется универсальность. При необходимости он производит ремонт и монтаж станков, изготавливает приспособления.

Таблица 2.1 – Подразделение слесарей-универсалов по видам работ

Слесари-сборщики	Собирают машины и механизмы
Слесари-ремонтники	Осуществляют техническое обслуживание и ремонт машин и механизмов
Слесари-инструментальщики	Обеспечивают производство инструментами и приспособлениями
Слесари по монтажу приборов	Выполняют установку их на место, подвод различных видов энергии и т. д.

На предприятиях серийного производства, где изготавливают однородные детали большими партиями, повышается точность механической обработки и, соответственно, уменьшается объем слесарных работ, но слесарь выполняет ручные работы, которые не могут быть выполнены машиной.

2.1. Рабочее место слесаря

Техническое оснащение рабочего места

Под рабочим местом понимается часть производственной площади цеха, участка или мастерской, которая закрепляется за определенным работником или работниками в случае посменной работы конкретного производства. Рабочее место предназначено для выполнения работ определенного вида и должно быть оснащено оборудованием, приспособлениями, инструментами и материалами, необходимыми для их проведения.

Основным оборудованием рабочего места слесаря является, как правило, одноместный верстак с установленными на нем тисками (рис. 2.1). Слесарный верстак должен быть прочным и устойчивым, его высота должна соответствовать росту работника. Если высота тисков не соответствует росту работника, их регулируют винтом подъема и опускания *1* или на полу укладывают деревянную решетку, которая должна плотно прилегать к полу и не скользить. Для защиты работников от возможного травматизма при выполнении операций, связанных с образованием стружки, на верстак устанавливают сменный защитный экран *5* из сетки или органического стекла.

Наибольшее распространение при выполнении слесарных работ получили слесарные тиски следующих типов: стуловые, параллельные (поворотные и неповоротные) и быстродействующие пневматические тиски.

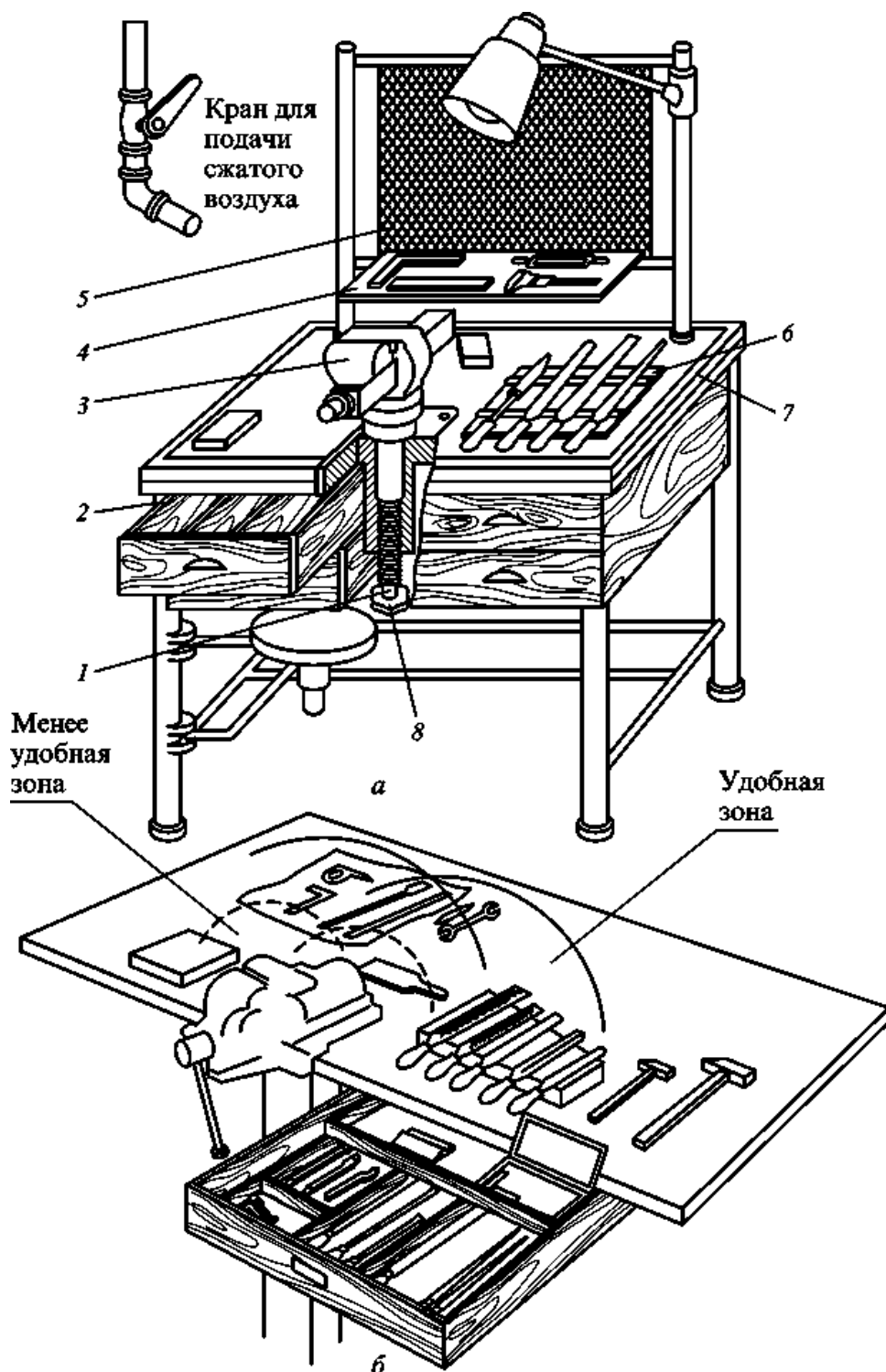


Рисунок 2.1 – Одноместный слесарный верстак:

a – общий вид: 1 – винт подъема и опускания регулируемых тисков; 2 – ящик для инструмента; 3 – тиски плоскопараллельные; 4 – инструментальная полка; 5 – защитный экран; 6 – планшет для инструмента; 7 – бортик из стального уголка; 8 – рукоятка привода вертикального перемещения тисков;
б – расположение слесарных инструментов на верстаке

Организация рабочего места

На рабочем месте должны находиться рабочие и контрольно-измерительные инструменты, необходимые для выполнения заданной операции. К размещению инструментов, заготовок и материалов на рабочем месте предъявляются определенные требования:

- на рабочем месте должны находиться только те инструменты, материалы и заготовки, которые необходимы для выполнения данной работы;
- инструменты и материалы, которые рабочий использует часто, должны располагаться ближе к нему (на рис. 2.1, *a* эти зоны расположены справа и слева от работающего и обозначены дугами 1 радиусом приблизительно 350 мм);
- инструменты и материалы, используемые реже, должны располагаться в зонах, обозначенных дугами 2 радиусом приблизительно 500 мм;
- инструменты и материалы, используемые крайне редко, должны располагаться в зонах, обозначенных дугами 3. Их досягаемость обеспечивается только при наклонах корпуса работника.

Правила содержания рабочего места

В связи с тем, что рациональная организация рабочего места и правильное размещение инструментов и материалов в процессе работы играют существенную роль в обеспечении ее качества, следует соблюдать перечисленные ниже правила.

До начала работы необходимо:

- проверить исправность верстака, тисков, приспособлений, индивидуального освещения и механизмов, используемых в работе;
- ознакомиться с инструкцией или технологической картой, чертежом и техническими требованиями к предстоящей работе;
- отрегулировать высоту тисков по своему росту;
- проверить наличие и состояние инструментов, материалов и заготовок, используемых в работе;
- расположить на верстаке инструменты, заготовки, материалы и приспособления, необходимые для работы.

Во время работы необходимо:

- иметь на верстаке только те инструменты и приспособления, которые используются в настоящий момент (все остальное должно находиться в ящиках верстака);
- возвращать использованный инструмент на исходное место;
- постоянно поддерживать чистоту и порядок на рабочем месте.

По окончании работы необходимо:

- очистить инструмент от стружки, протереть, уложить в футляры и убрать в ящики верстака;
- очистить от стружки и грязи столешницу верстака и тиски;
- убрать с верстака неиспользованные материалы и заготовки, а также обработанные детали;
- выключить индивидуальное освещение.

Основы промышленной санитарии

Промышленная санитария предусматривает создание на производстве условий, обеспечивающих необходимую температуру в производственных помещениях, хорошую вентиляцию, достаточную освещенность рабочих мест, отсутствие сквозняков, наличие вспомогательных и бытовых помещений.

Температура в производственном помещении должна поддерживаться в пределах 16–20 °С [1].

Вентиляция производственных помещений должна обеспечивать создание комфортных условий труда за счет поддержания необходимого температурного режима, удаления вредных газов, паров и пыли. Вентиляция может быть приточной или вытяжной.

Одним из показателей требуемого санитарного состояния помещения является его освещенность. Оптимальная освещенность на рабочем месте должна обеспечивать снижение нагрузки на глаза, облегчая работу и уменьшая возможность травматизма. Освещение может быть как естественным (дневной свет), так и искусственным (электрическое освещение). Предпочтительным является естественное освещение.

Помимо общих правил гигиены большое значение имеет личная гигиена работника. Под личной гигиеной понимаются меры, направленные на сохранение здоровья, предупреждение и устранение условий, которые могут привести к нарушению здоровья. Для сохранения здоровья и предупреждения заболеваний необходимо:

- делать краткие перерывы во время работы, позволяющие снять усталость (кроме того, следует иметь в виду, что после работы стоя отдыхать надо сидя, и наоборот);
- отводить на сон не менее 8 ч в сутки;
- в процессе работы время от времени менять рабочую позу;
- после окончания рабочего дня мыть в душе с мылом все тело.

2.2. Плоскостная разметка

Разметкой называется операция нанесения на обрабатываемую заготовку разметочных линий, определяющих контуры будущей детали или места, подлежащие обработке.

Точность, достигаемая при обычных методах разметки, составляет примерно 0,5 мм. При точной разметке ее можно повысить до сотых долей миллиметра.

Плоскостная разметка, выполняемая обычно на поверхности плоских деталей, на полосовом и листовом материале, заключается в нанесении на заготовку контурных параллельных и перпендикулярных линий (рисок), окружностей, дуг, углов, осевых линий, разнообразных геометрических фигур по заданным размерам или контуров различных отверстий по шаблонам.

Пространственная разметка наиболее распространена в машиностроении; по приемам она существенно отличается от плоскостной.

Приспособления для плоскостной разметки

Для выполнения разметки используют разметочные плиты, подкладки, поворотные приспособления, домкраты и др.

На *разметочной плите* устанавливают подлежащие разметке детали и располагают все приспособления и инструмент. Разметочная плита отливается из мелкозернистого серого чугуна.

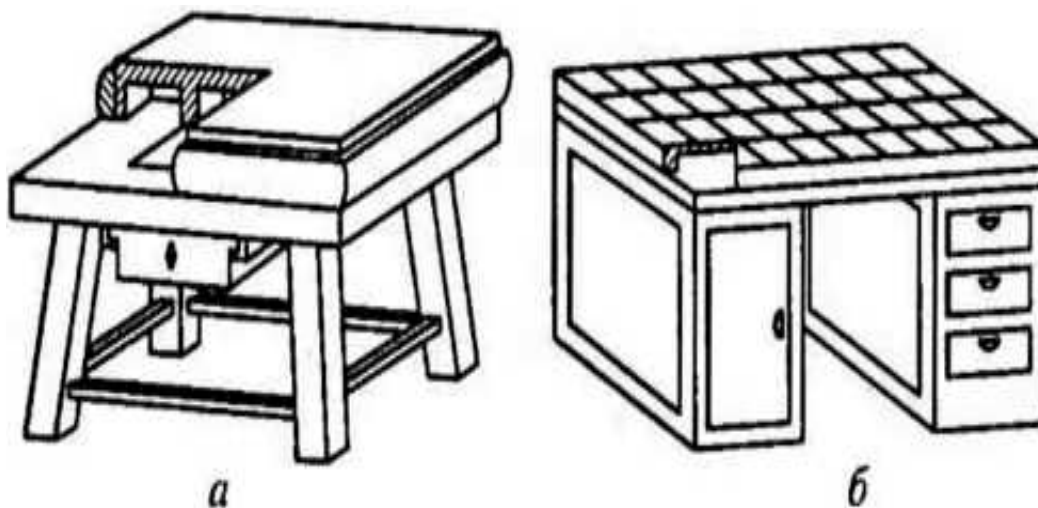


Рисунок 2.2 – Разметочная плита:
а – на подставке; б – на столе

Размер плиты выбирают так, чтобы ее ширина и длина были на 500 мм больше соответствующих размеров размечаемой заготовки. Плиты больших размеров, например, 6000 x 10000 мм, изготавливают составными из двух или четырех плит, которые скрепляются болтами и шпонками.

Плоскость разметочных плит проверяют с помощью точной поверочной линейки и шупа (или папиросной бумаги). Рабочие поверхности шабренных плит, предназначенных для точной разметки, проверяют на краску с помощью поверочной линейки. Число пятен в квадрате 25 x 25 мм должно быть не менее 20.

Прежде чем приступить к разметке, заготовку устанавливают и выверяют на разметочной плите, пользуясь для этого опорными подкладками, призмами и домкратами различных конструкций.

Подкладки служат для обеспечения правильной установки деталей при разметке, а также для предохранения разметочных плит от царапин и забоин. Самыми простыми являются *плоские опорные подкладки*. Подкладки больших размеров выполняют пустотелыми *цилиндрическими, призматическими, двутаврового сечения* и др.

Клиновидные подкладки представляют собой два соединенных, точно обработанных стальных клина. Перемещение клина на одно деление равно 0,1 мм.

Домкраты применяют для установки громоздких и тяжелых заготовок; они позволяют вырезать и регулировать положение размечаемых заготовок по высоте.

Обыкновенные домкраты – в корпусе которого имеется винт с прямоугольной резьбой, на верхнем конце винта закрепляют головки различной формы. Подъем и опускание заготовки осуществляют вращением винта.

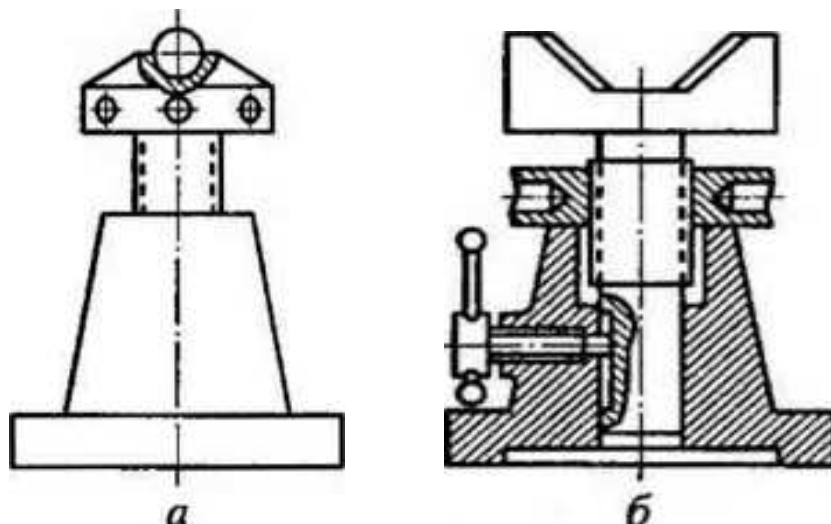


Рисунок 2.3 – Домкраты с шаровой (а), призматической (б) опорой для заготовки

Роликовый домкрат дает возможность не только регулировать положение заготовки по высоте, но и свободно поворачивать в ее горизонтальной плоскости, что необходимо при разметке тяжелых заготовок.

Выдвижные центры применяют для разметки цилиндрических деталей.



Рисунок 2.4 – Инструменты для плоскостной разметки

Чертилки (иглы) служат для нанесения линий (рисок) на размечаемую поверхность с помощью линейки, угольника или шаблона. Изготавливают чертилки из инструментальной стали У10 или У12.

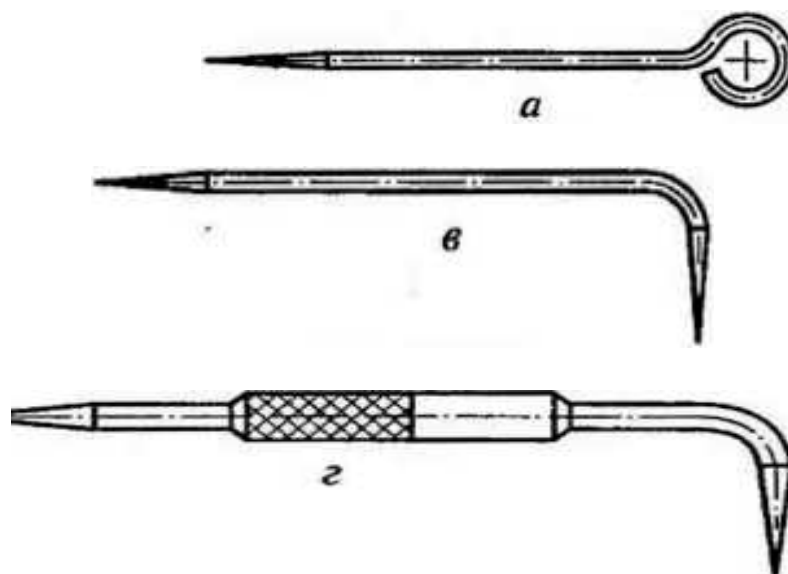


Рисунок 2.5 – Чертилки:

а – односторонняя с кольцом; *б* – двухсторонняя; *в* – двухсторонняя с ручкой

Чертилка с отогнутым концом представляет собой заостренный с двух сторон стальной стержень, один конец которого отогнут под углом 90 градусов. Средняя часть чертилки утолщена и для удобства на ней сделана накатка. Отогнутым концом наносят риски в труднодоступных местах.

Чертилка со вставной иглой выполнена по типу часовых отверток; в качестве вставной иглы могут быть использованы стальные закаленные и заточенные стержни.

Карманная чертилка выполнена в виде карандаша с убирающимся острием. На рабочий наконечник напаян стержень из твердого сплава ВК6, заточенный на конус под углом 20 градусов. Чертилки должны быть острозаточенными, чем острее чертилки, тем тоньше будет разметочная риска и тем, следовательно, выше точность разметки.

Кернер – слесарный инструмент, применяющийся для нанесения углублений (кернов) на предварительно размеченных линиях (керны делают для того, чтобы риски были отчетливо видны и не стирались в процессе обработки детали). Керны изготавливают из инструментальной углеродистой или легированной стали У7А, У8А, 7ХФ или 8ХФ. Различают керны обыкновенные, специальные, пружинные (механические), электрические и др.

Обыкновенный кернер представляет собой стальной стержень длиной 100, 125 или 160 мм и диаметром соответственно 8, 10 или 12 мм; его боек имеет

сферическую поверхность под углом 50–60 градусов, при точной разметке затачивается под углом 30–45 градусов.



Рисунок 2.6 – Общий вид керна

Применение *специального кернера для накернивания малых отверстий и закруглений небольших радиусов* заметно повышает качество разметки и производительность.

Керн для шаговой разметки состоит из двух кернов – основного и вспомогательного, скрепленных общей планкой. Расстояние между ними регулируется планкой в зависимости от шага размечаемых отверстий.

Циркули используют для разметки окружностей и дуг, деления отрезков и окружностей, а также для геометрических построений.

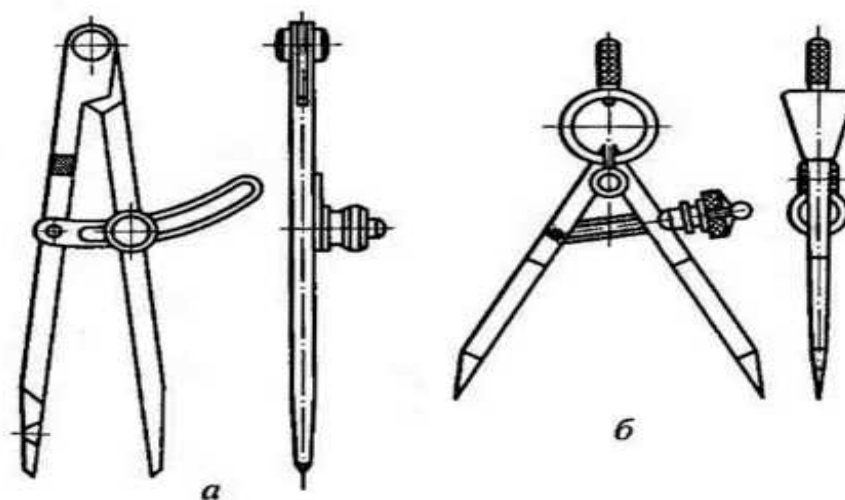


Рисунок 2.7 – Циркуль разметочный:
а – простой; б – пружинный

Разметочные циркули бывают *простыми* или с *дугой, точными* и *пружинными*. Простой циркуль состоит из двух шарнирно соединенных ножек – целых или со вставными иглами; нужный раствор ножек фиксируется винтом.

Штангенциркули. Разметочный штангенциркуль предназначен для точной разметки прямых линий и центров, а также для разметки больших диаметров.

Рейсмус. Рейсмус является основным инструментом для пространственной разметки и служит для нанесения параллельных, вертикальных и горизонтальных линий, а также для проверки установки деталей на плите.

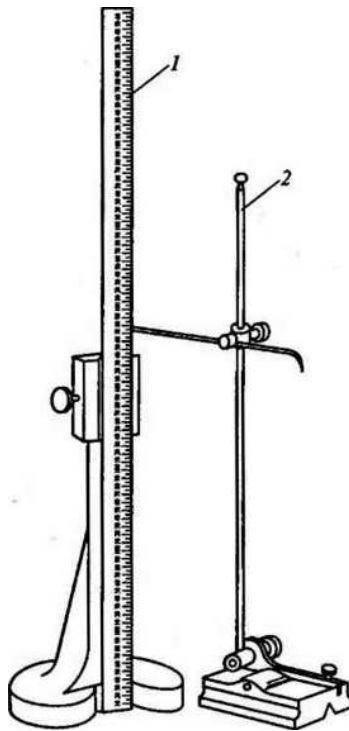


Рисунок 2.8 – Рейсмус:
1 – вертикальная масштабная линейка; 2 – чертилка, закрепленная на вертикальной стойке

2.3. Рубка металла

Рубкой называется слесарная операция, при которой с помощью режущего (зубила, крейцмейселя и др.) и ударного (слесарного молотка) инструмента с поверхности заготовки (детали) удаляются лишние слои металла или заготовка разрубается на части.

В зависимости от назначения обрабатываемой детали рубка может быть чистовой и черновой. В первом случае зубилом за один рабочий ход снимают слой металла толщиной от 0,5 до 1 мм, во втором – от 1,5 до 2 мм.

Точность обработки, достигаемая при рубке, составляет 0,4–1 мм [2]. Режущая часть (лезвие) инструмента представляет собой клин (зубило, резец) или несколько клиньев (ножовочное полотно, метчик, плашка, фреза, напильник).

Зубило – это простейший режущий инструмент, в котором форма клина выражена особенно четко. Чем острее клин, т. е. чем меньше угол, образованный его сторонами, тем меньше усилия потребуется для его углубления в материал.

Инструменты для рубки

Режущие инструменты. Слесарное зубило представляет собой стальной стержень, изготовленный из инструментальной углеродистой или легированной стали (У7А, У8А, 7ХФ, 8ХФ).

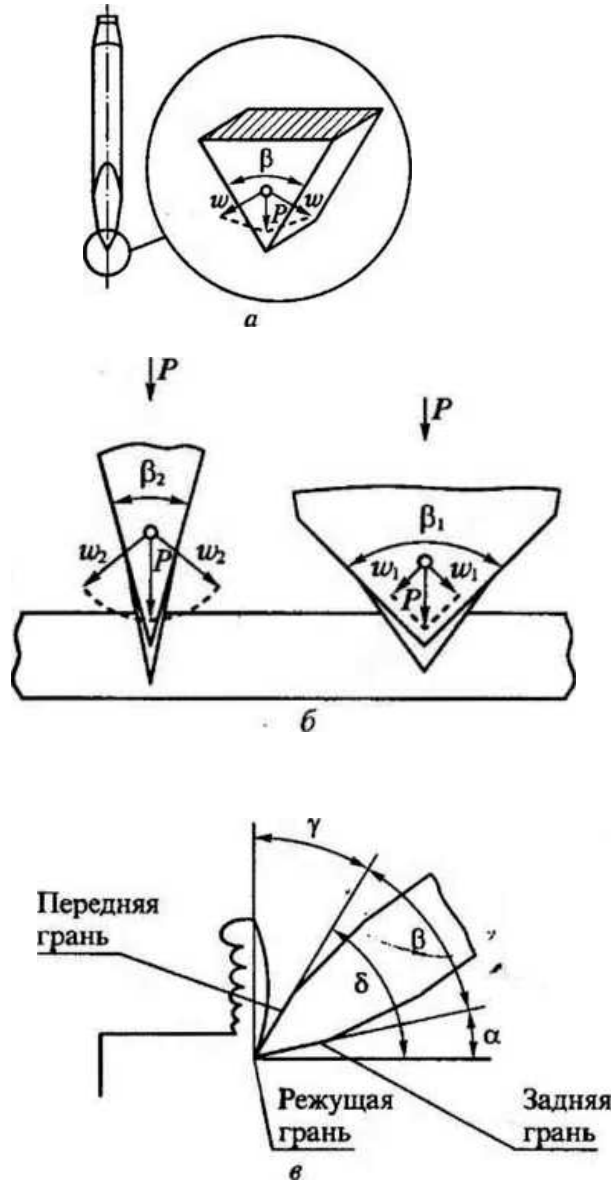


Рисунок 2.9 – Зубило слесарное:

a – общий вид зубила и его рабочей части; *б* – угол заострения и действие сил;

в – элементы резания при рубке; P – сила резания;

P_w, P_{w_1}, P_{w_2} – составляющие силы резания; углы заострения; γ – передний угол; α – задний угол; β – угол резания

Зубило изготавливают длиной 100, 125, 160, 200 мм, ширина рабочей части соответственно равна 5, 10, 16 и 20 мм. Рабочую часть зубила на длине 0,3–0,5 закаливают и отпускают. Степень закаливания зубила можно определить старым напильником, которым проводят по закаленной части.

Крейцмейсель отличается от зубила более узкой режущей кромкой и предназначен для вырубания узких канавок, шпоночных пазов и т. п. Для вырубания профильных канавок – полукруглых, двугранных и других – применяют специальные крейцмейсели, называемые канавочниками. Канавочники изготавливают из стали У8А длиной 80, 100, 120, 150, 200, 300 и 350 мм с радиусом закругления 1; 1,5; 2; 2,5 и 3 мм.

Заточка инструмента на станке вручную. Заточка зубил и крейцмейселя производится на заточном станке. Перед заточкой инструмента подручник устанавливают как можно ближе к шлифовальному кругу. Зазор между подручником и заточным кругом должен быть не более 2–3 мм, чтобы затачиваемый инструмент не мог попасть между кругом и подручником.

Проверка угла заточки инструмента. Угол заострения при заточке проверяют шаблоном, представляющим собой пластинки с угловыми вырезами 70, 60, 45 и 35 градусов.

Слесарный молоток – это инструмент для работы с различными слесарными инструментами.

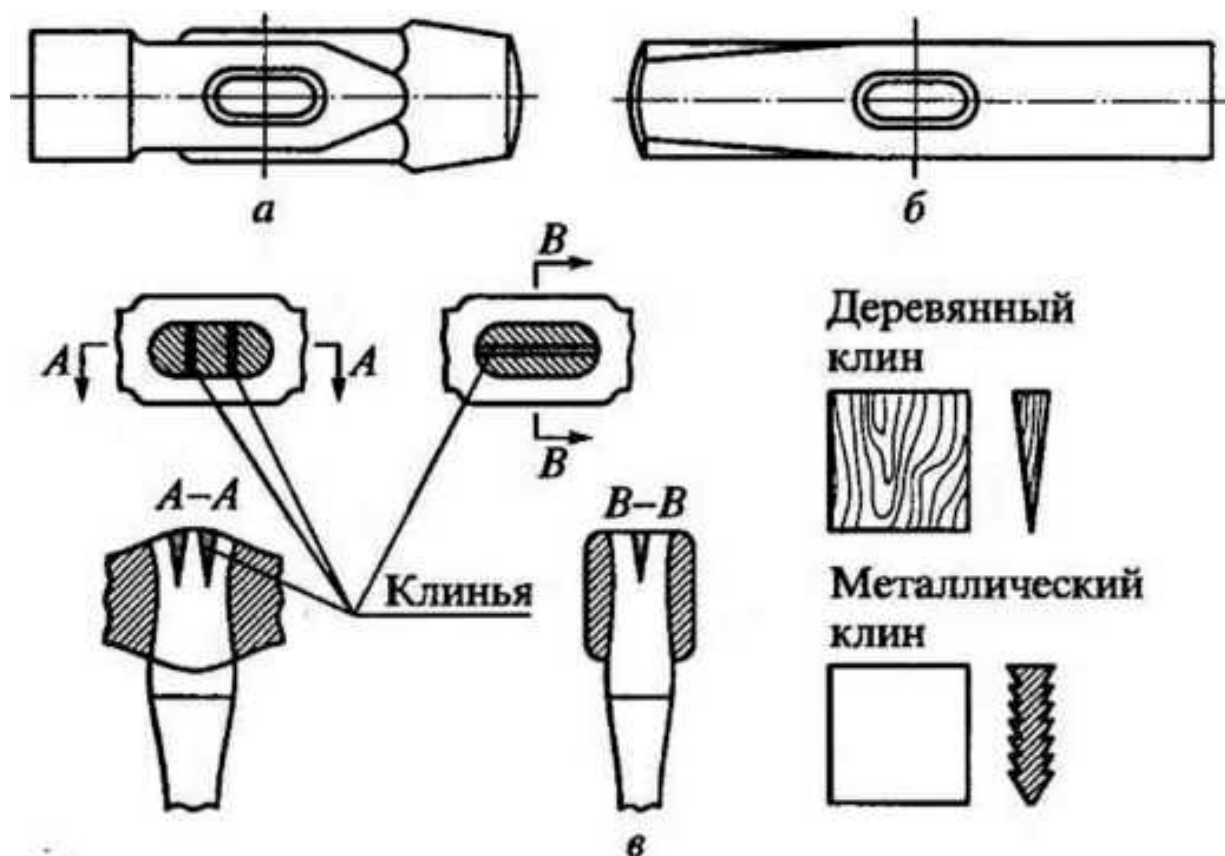


Рисунок 2.10 – Молотки слесарные:

a – с круглым бойком; *б* – с квадратным бойком; *в* – способы крепления ручки

Слесарные молотки с круглым бойком изготавливают из шести номеров:

№ 1 (200 г) применяют в разметке и правке;

№ 2 (400 г), № 3 (500 г) и № 4 (600 г) – для слесарных работ;

№ 5 (800 г) и № 6 (1000 г) применяют редко.

Слесарные молотки с квадратным бойком изготавливают из восьми номеров:

№ 1 (50 г), № 2 (100 г) и № 3 (200 г) – для слесарно-инструментальных работ; № 4 (400 г), № 5 (500 г) и № 6 (600 г) – для слесарных работ, рубки, гибки, клепки и др.;

№ 7 (800 г) и № 8 (1000 г) применяют редко. Для тяжелых работ применяют молотки массой 4–16 кг, называемые кувалдами.

В некоторых случаях, например, при изготовлении изделий из тонкой листовой стали, применяют деревянные молотки – киянки, которые бывают с круглым или прямоугольным ударником.

2.4. Правка и рихтовка металла (холодным способом)

Правка и рихтовка представляют собой операции по выправке металла, заготовок и деталей, имеющих вмятины, выпучены, волнистость, коробление, искривления и др. Правка и рихтовка имеют одно и то же назначение, но отличаются приемами выполнения, применяемыми инструментами и приспособлениями.

Металл подвергается правке, как в холодном, так и в нагретом состоянии. Выбор способа зависит от прогиба, размеров и материала изделия. Правка выполняется ручным способом на правильной плите или наковальне, машинным – на вальцах или прессах.

Правильные плиты изготавливают массивными из стали или чугуна размером 400 х 400; 750 х 1000; 1000 х 1500; 1500 х 2000; 2000 х 2000; 1500 х 3000 мм.

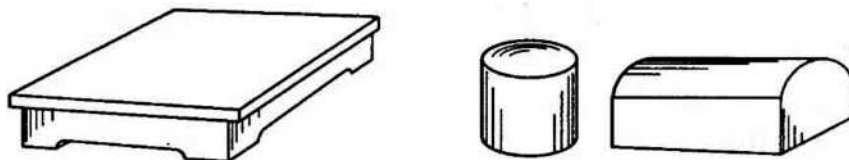


Рисунок 2.11 – Общий вид правильной плиты с рихтовальными бабками

Рихтовальные бабки используются для правки (рихтовки) закаленных деталей; изготавливают их из стали и закаливают.

Для правки применяют **молотки с круглым гладким полированным бойком**.

Для правки закаленных деталей (рихтовки) применяют **молотки с радиусным бойком**; корпус молотка выполняют из стали У10; масса молотка равна 400–500 г.

Молотки со вставными бойками из мягких металлов применяются при правке деталей с окончательно обработанной поверхностью.

Гладилки (деревянные или металлические бруски) применяют при правке тонкого листового и полосового металла.

Правка металла

Кривизну деталей проверяют на глаз или по зазору между плитой и деталью.

При правке важно правильно выбрать места, по которым следует наносить удары. Правку выполняют на наковальне, правильной плите или надежных подкладках, исключая возможность соскальзывания с них детали при ударе.

Правка полосового металла осуществляется в следующем порядке.

Полосу располагают на правильной плите так, чтобы она лежала выпуклостью вверх, соприкасаясь с плитой в двух точках. Удары наносят по выпуклым частям, регулируя их силу в зависимости от толщины полосы и величины кривизны; чем больше искривление и толще полоса, тем сильнее должны быть удары. Результат правки (прямолинейность заготовки) проверяют на глаз, а более точно – на разметочной плите по просвету или наложением линейки на полосу.

Правка прутка. После проверки на глаз на выпуклой стороне мелом отмечают границы изгибов. Затем прутки укладывают на плиту или наковальню так, чтобы изогнутая часть находилась выпуклостью вверх и наносят удары молотком.

Правка листового металла более сложна, чем предыдущие операции.

При правке заготовок с выпучинами выявляют покоробленные участки, устанавливая, где больше выпучен металл. Правку начинают с ближайшего к выпучине края, по которому наносят один ряд ударов молотком в пределах, указанных зачерненными кружками. Затем наносят удары по второму краю.

После этого по первому краю наносят второй ряд ударов и переходят опять ко второму краю и так до тех пор, пока постепенно не приблизятся к выпучине.

Тонкие листы правят легкими деревянными молотками – киянками, медными, латунными или свинцовыми молотками, а очень тонкие листы кладут на ровную плиту и выглаживают металлическими или деревянными брусками.

Правка (рихтовка) закаленных деталей. После закалки стальные детали иногда коробятся. Правка искривленных после закалки деталей называется рихтовкой. Точность рихтовки может составлять 0,01–0,05 мм.

В зависимости от характера рихтовки применяют молотки с закаленным бойком или специальные рихтовальные молотки с закругленной стороной бойка. Изделия толщиной не менее 5 мм, если они закалены не насквозь, а только на глубину 1–2 мм, имеют вязкую сердцевину, поэтому рихтуются сравнительно легко; их нужно рихтовать, нанося удары по выпуклым местам. В случае коробления изделия по плоскости и по узкому ребру рихтовку выполняют отдельно – сначала по плоскости, а потом по ребру.

Правку короткого пруткового материала выполняют на призмах, правильных плитах или простых подкладках. Прямолинейность проверяют на глаз или по просвету между прутком и плитой.

Правку валов (диаметром до 30 мм) выполняют на ручных прессах с применением призмы.

Правку наклепом производят после укладки изогнутого вала на ровную плиту выпуклостью вниз, нанося небольшим молотком легкие удары по поверхности вала после возникновения на поверхности наклепанного слоя, когда просвет между валом и плитой исчезает – правку прекращают.

Оборудование для правки

В основном на предприятиях применяют машинную правку на правильных вальцах, прессах и специальных приспособлениях.

Гибочные вальцы бывают ручными и приводными. На ручных и приводных гибочных вальцах правят заготовки прямые и изогнутые по радиусу, имеющие на поверхности выпучины и вмятины.

Правильные машины в большинстве случаев применяют для правки листового и профильного проката (рис. 2.12, а), в которых основными рабочими органами являются правильные вальцы (рис. 2.12, б). При правке лист подается в валки и благодаря силе трения, возникающей между валками и листом, втягивается между ними. Проходя между валками, лист перегибается то в одну, то в другую сторону, и его волокна выравниваются.

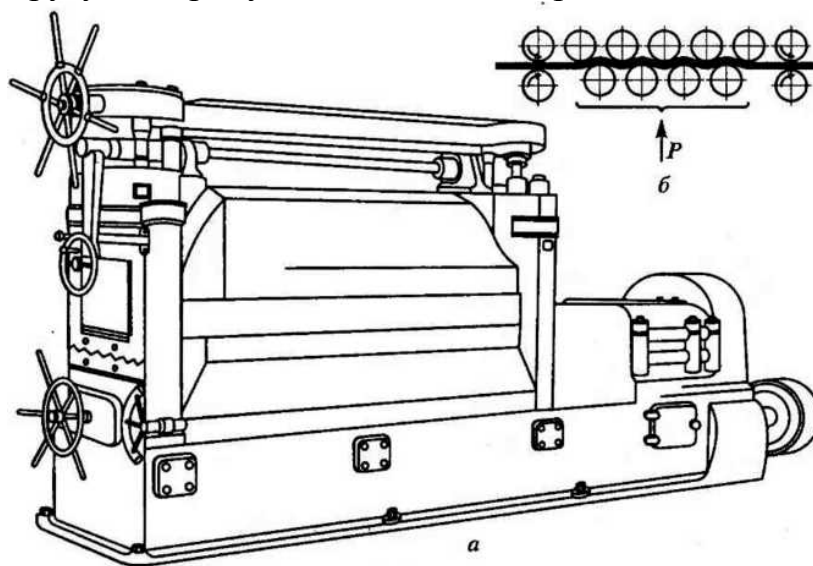


Рисунок 2.12 – Правильная машина:
а – общий вид; б – схема правки; P – усилие правки

Правка валов и угловой стали на **винтовых прессах** применяется в тех случаях, когда правка молотком не обеспечивает должного результата.

Некоторые особенности имеет правка угловой стали. Деформированный уголок устанавливают в призме на столе пресса, между полками уголка устанавливают закаленный стальной валик. При нажиме винтом пресса валик придает уголку соответствующую форму. Листы, полосы и ленты правят на

листоправочных станках, горизонтальных правильно-растяжных машинах и пневматических молотах.

Сварные соединения, имеющие коробления, подвергаются холодной правке. Вручную с помощью деревянных и стальных молотков на плитах, наковальнях и т. д. Холодную правку выполняют особенно осторожно.

2.5. Резка металла

Резкой называют отделение частей (заготовок) от сортового или листового металла. Резка выполняется как со снятием стружки, так и без нее.

Сущность процесса резки ножницами заключается в отделении частей металла под действием пары режущих ножей. Разрезаемый лист помещают между верхним и нижним ножами. Верхний нож, опускаясь, давит на металл и разрезает его. Ножи изготовляют из сталей У7, У8; боковые поверхности лезвий закалены до HRCэ52–58, отшлифованы и остро заточены.

Резка ручными ножницами

Обыкновенные ручные ножницы применяются для резания стальных листов толщиной 0,5–1 мм и листов из цветных металлов толщиной до 1,5 мм. Ручные ножницы изготовляют с прямыми и криволинейными лезвиями.

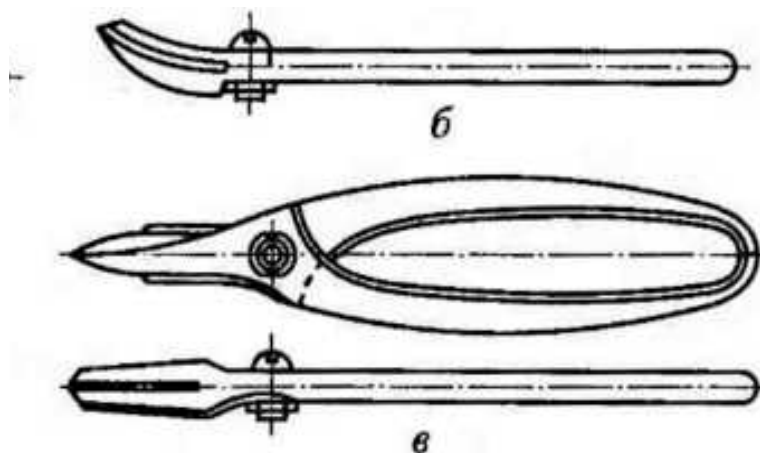


Рисунок 2.13 – Ножницы ручные:

а – правые; *б* – с криволинейными лезвиями; *в* – пальцевые

По расположению режущей кромки лезвия ножницы делятся на правые (скос на каждой части режущей половины находится с правой стороны); левые (скос на каждой части режущей половины находится с левой стороны).

Длина ножниц равна 200, 250, 320, 360 и 400 мм, а режущей части (от острых концов до шарнира) – соответственно 55–65, 70–82, 90–105, 100–120 и 110–130 мм. Хорошо заточенные и отрегулированные ножницы должны резать бумагу.

Стуловые ножницы отличаются от обыкновенных большими размерами и применяются при резании листового металла толщиной до 3 мм.

Стуловые ножницы малопроизводительны, при работе требуют значительных усилий, поэтому для резания больших партий листового металла их не применяют.

Ручные малогабаритные силовые ножницы служат для резки листовой стали толщиной до 2,5 мм и прутков диаметром до 8 мм. Ножи ножниц – сменные и прикреплены к рычагам на потайных заклепках. Эти ножи являются сменными и вставляются в гнездо дисков. Для обрезки болтов (шпилек) во втулках одного из дисков имеется нарезка (несколько ниток), которая предохраняет резьбу болтов при обрезке от смятия.

Рычажные ножницы применяются для резания листовой стали толщиной до 4 мм, алюминия и латуни – 6 мм. Верхний шарнирно закрепленный нож приводится в действие от рычага. Нижний нож неподвижный.

Ножи изготавливают из стали У8 и закаливают до твердости HRCэ52–60. Углы заострения режущих граней равны 5–85 градусов.

Перед работой проверяют наличие смазки на трущихся поверхностях, плавность хода рычага, отсутствие зазора между режущими кромками.

Маховые ножницы широко используются для резки листового металла толщиной 1,5–2,5 мм с пределом прочности 450–500 МПа (сталь, дюралюминий и т. д.). Этими ножницами режут металл значительной длины.

Ножницы с наклонными ножами (гильотинные) позволяют разрезать листовый металл толщиной до 32 мм, листы размерами 1000–32000 мм, реже – полосовой прокат, а также листовые неметаллические материалы.

Резка ножовкой

Ручная ножовка (пила) – инструмент, предназначенный для разрезания толстых листов полосового, круглого и профильного металла, а также для прорезания шлицев, пазов обрезки и вырезки заготовок по контуру и других работ.

Ножовочное полотно представляет собой тонкую и узкую стальную пластину с двумя отверстиями и с зубьями на одном или обеих ребрах. Полотна изготавливают из сталей У10А и Х6ВФ, их твердость HRCэ61–64. В зависимости от назначения ножовочные полотна разделяются на ручные и машинные.

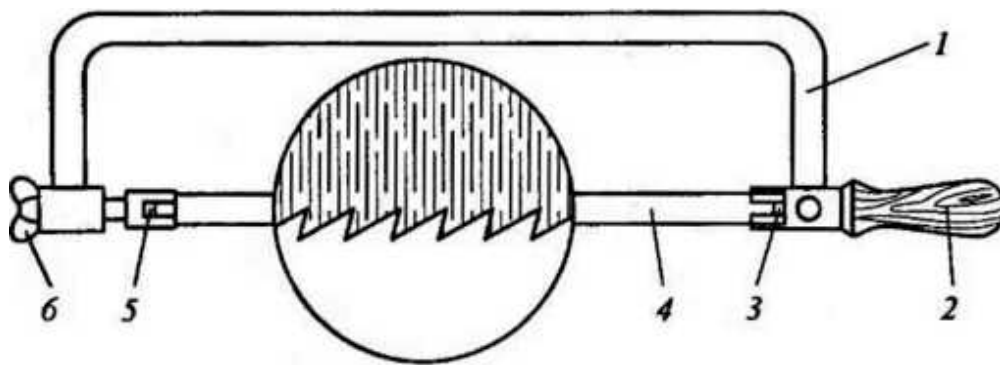


Рисунок 2.14 – Цельный ножовочный станок:

1 – станок; 2 – рукоятка; 3 – штифты; 4 – ножовочное полотно; 5 – головка крепления ножовочного полотна; 6 – натяжной винт с гайкой

Размер (длина) ручного ножовочного полотна определяется по расстоянию между центрами отверстий под штифты, длина полотна для ручной пилы $L = 250\text{--}300$ мм, высота $b = 13$ и 16 мм, толщина $h = 0,65$ и $0,8$ мм.

Для резки металлов различной твердости углы зубьев ножовочного полотна выполняют следующими: передний угол равен $0\text{--}12$ градусов; а задний угол зубьев равен $35\text{--}40$ градусов; угол заострения равен $43\text{--}60$ градусов.

Для резки более твердых материалов применяют полотна, у которых угол заострения зубьев больше, для резания мягких материалов угол заострения меньше. Полотна с большим углом заострения более износоустойчивы [2].

Разводка зубьев ножовочного полотна. При резке ручной ножовкой в работе должно участвовать (одновременно резать металл) не менее двух-трех зубьев. Во избежание заедания (заклинивания) ножовочного полотна в металле зубья разводят, чтобы ширина разреза, сделанного ножовкой, была много больше толщины полотна. Кроме того, это значительно облегчит работу.

Разводка ножовочного полотна должна заканчиваться на расстоянии не более 30 мм от торца.

Подготовка к работе ножовкой. Перед работой ножовкой прочно закрепляют разрезаемый материал в тисках (уровень крепления должен соответствовать росту работающего). При длинных пропилах используют ножовочные полотна с крупным шагом зубьев, а при коротких – с мелким.

Ножовочное полотно устанавливают в прорези головки так, чтобы зубья были направлены от рукоятки, а не к ней. При этом сначала вставляют конец полотна в неподвижную головку и фиксируют его штифтом, затем вставляют второй конец полотна в прорезь подвижного штыря и также закрепляют штифтом. При этом из-за опасения разрыва полотна ножовку держат в удалении от лица. Степень натяжения полотна проверяют, легко нажимая на него пальцем сбоку; если полотно не прогибается, натяжение достаточно.

Положение корпуса работающего. При резке ручной ножовкой становятся перед тисками прямо, свободно и устойчиво, вполоборота по отношению к губкам тисков или оси обрабатываемой заготовки. Ступни ног

ставят так, чтобы образовали угол 60–70 градусов при определенном расстоянии между пятками.

Положение рук (хватка). Рукоятку обхватывают четырьмя пальцами правой руки так, чтобы она упиралась в ладонь; большой палец накладывают сверху вдоль рукоятки. Пальцы правой руки обхватывают гайку и подвижную головку ножовки.

Работа ножовкой. При резке ножовкой, как и при опиливании, должна соблюдаться строгая координация усилий (балансировка), заключающаяся в правильном увеличении нажима рук.

В процессе резки осуществляется два хода – рабочий, когда ножовка перемещается вперед от работающего, и холостой, когда к работающему. При холостом ходе на ножовку не нажимают, в результате чего зубья только скользят, а при рабочем ходе обеими руками создают легкий нажим так, чтобы ножовка двигалась прямолинейно.

При работе ножовкой необходимо выполнять следующие правила:

- короткие заготовки резать на наиболее короткой стороне;
- при резке проката углового, таврового и швеллерного профилей лучше изменять положение заготовки, чем резать по узкой стороне;
- в работе должно участвовать все ножовочное полотно;
- при резке не давать полотну нагреваться; для уменьшения трения полотна о стенки в пропиле заготовки периодически смазывать полотно минеральным маслом или графитовой смазкой, особенно при резке вязких металлов;
- латунь и бронзу разрезать только новыми полотнами, так как даже малоизношенные зубья не режут, а скользят;
- в случае поломки или выкрашивания хотя бы одного зуба работу немедленно прекратить, удалить из пропила остатки сломанного зуба, полотно заменить новым или сточить на станке два-три соседних зуба; после этого можно продолжить работу.

Механизированная резка

Механизированная резка осуществляется с помощью различных механических, электрических и пневматических ножовок и ножниц, дисковых пил или другого универсального или специального оборудования.

Ножовочные пилы (приводные ножовки) применяют для резки сортового и профильного металла.

Стационарная механическая (приводная) ножовка (рис. 2.15) представляет собой металлорежущий станок, который состоит из станины 1 и стола 2. На столе устанавливают тиски 3, которые можно передвигать вдоль стола и поворачивать вокруг их оси. Возможность поворота тисков обеспечивает разрезание металла под различными углами в пределах 45°. Ножовочное полотно укрепляют в раме 4. Рама с ножовкой перемещается вдоль качающегося хобота 5. Ножовка приводится в действие от электродвигателя 7.

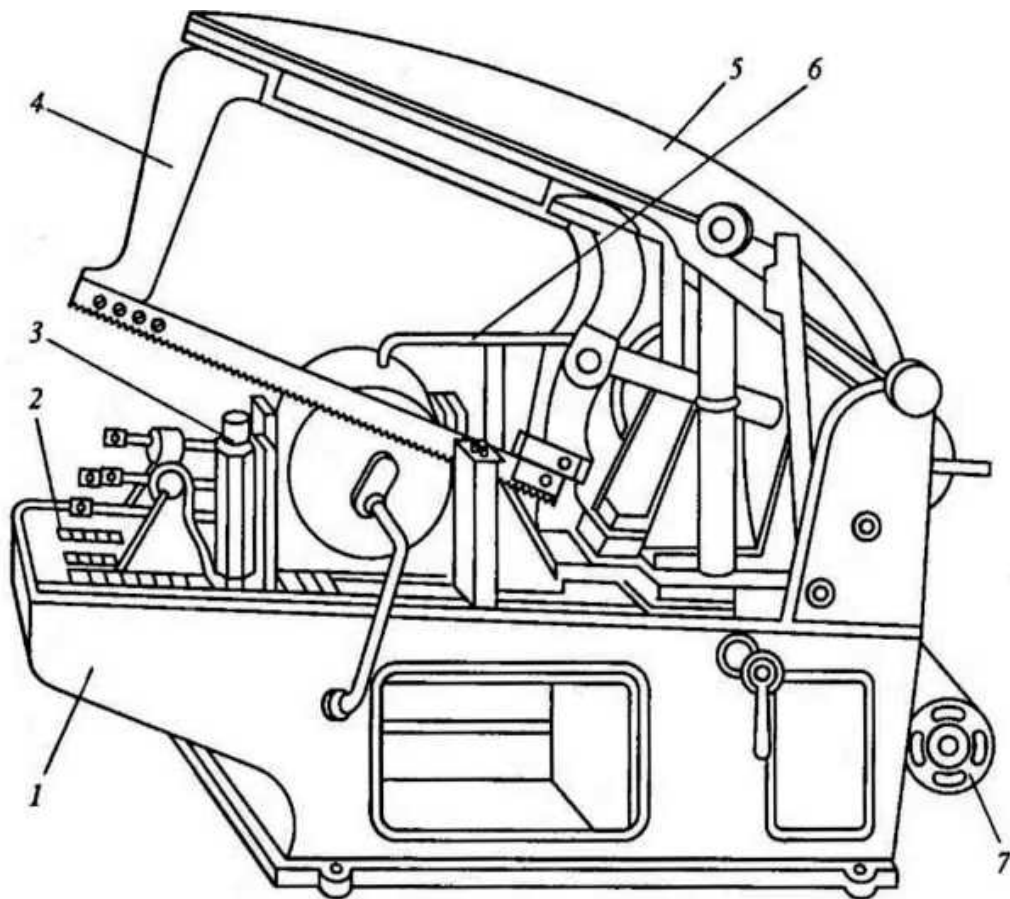


Рисунок 2.15 – Стационарная механическая ножовка:
 1 – станина; 2 – стол; 3 – тиски; 4 – рама; 5 – хобот; 6 – патрубок системы
 охлаждения; 7 – электродвигатель

Зажимные тиски. Тиски с плоскими губками служат для закрепления заготовок больших сечений – от 40 до 250 мм, с V-образными губками до 120 мм. Эти тиски являются поворотными, в них разрезаемый материал закрепляют под углом 45 градусов.

Установка ножовочного полотна. Полотно устанавливают одним концом на штифт неподвижно укрепленной планки пильной рамы так, чтобы зубья полотна были направлены в сторону рабочего хода. Ножовочную плиту налаживают для резки твердых металлов на 85, а для резки мягких металлов – на 110 двойных ходов в минуту.

Приступая к разрезанию металла на пиле рукоятку крана гидропривода устанавливают в положение «Спуск» и включают электродвигатель. Затем рукоятку перемещают по направлению к положению «Быстрое действие» и устанавливают желаемую подачу резания.

Ручные электрические ножницы С-424 вибрационного типа состоят из электродвигателя, редуктора с эксцентриком и рукоятки. Зазор между ножами устанавливают в зависимости от толщины разрезаемого металла по таблицам и проверяют щупом (при толщине 0,5–0,8 мм зазор равен 0,03–0,048 мм, при

толщине 1–1,3 мм – 0,06–0,08 мм, при толщине 1,6–2 мм – 0,1–0,13 мм).

Пневматические ножницы предназначены для прямолинейной и криволинейной резки металла и приводятся в действие пневматическим роторным двигателем. Наибольшая толщина разрезаемого стального листа средней твердости составляет 3 мм, наибольшая скорость резания – 2,5 м/мин, число двойных ходов ножа в минуту – 1600 [2].

Пневматическая ножовка приводится в действие сжатым воздухом. Максимальная толщина разрезаемого металла равна 5 мм, наименьший радиус – 50 мм, скорость резания – 20 м/мин.

Дисковая пневматическая пила применяется для резки труб непосредственно на месте сборки трубопроводов.

При использовании пневматической пилы на разрезаемых поверхностях труб не образуется наплывов и заусенцев.

Пневматическая пила допускает разрезание труб диаметром до 50–64 мм. Диаметр фрезы 190–220 мм, частота ее вращения – 150–200 мин⁻¹.

2.6. Опиливание металла

Опиливанием называется операция по обработке металлов и других материалов снятием небольшого слоя напильниками вручную или на опилоочных станках.

С помощью напильников обрабатывают плоскости, криволинейные поверхности, пазы, канавки, отверстия любой формы, поверхности, расположенные под разными углами, и т. п. Припуски на опиливании оставляются небольшими – от 0,5 до 0,25 мм. Точность обработки опиливанием составляет 0,2–0,05 мм (в отдельных случаях – до 0,001 мм).

Напильники представляют собой стальные закаленные бруски, на рабочих поверхностях которых нанесено большое количество насечек или нарезок, образующих режущие зубья напильника. Эти зубья обеспечивают срезание с поверхности заготовки небольшого слоя металла в виде стружки. Напильники изготавливают из инструментальных углеродистых сталей марок У10, У12, У13 и инструментальных легированных сталей марок ШХ6, ШХ9, ШХ12 [2].

Насечки на поверхности напильника образуют зубья, причем, чем меньше насечек на единицу длины напильника, тем крупнее зубья. По виду насечек различают напильники с одинарной (рис. 2.16, а), двойной (перекрестной) (рис. 2.16, б) и рашпильной (рис. 2.16, в) насечками.

Напильники с одинарной насечкой срезают металл широкой стружкой, равной всей длине зуба, что требует приложения больших усилий. Такие напильники применяются для обработки цветных металлов, их сплавов и неметаллических материалов.

Напильники с двойной насечкой имеют основную насечку (более глубокую) и нанесенную поверх нее вспомогательную (более мелкую), которая обеспечивает дробление стружки по длине, что снижает усилия,

прикладываемые к напильнику при работе. Шаг нанесения основной и вспомогательной насечек неодинаков, поэтому зубья напильника располагаются друг за другом по прямой, составляющей с осью напильника угол 5° . Такое расположение зубьев на напильнике обеспечивает частичное перекрытие следов от зубьев на обработанной поверхности, что уменьшает ее шероховатость.

Напильники с рашпильной насечкой (рашпили) имеют зубья, которые образуются выдавливанием металла из поверхности заготовки напильника при помощи специального насекательного зубила. Каждый зуб рашпильной насечки смещен относительно расположенного впереди зуба на половину шага. Такое расположение зубьев на поверхности напильника обеспечивает уменьшение глубины канавок, образованных зубьями, за счет частичного перекрытия следов зубьев на поверхности заготовки, что облегчает резание. Рашпили применяют для опилования мягких материалов (баббит, свинец и т. д.)

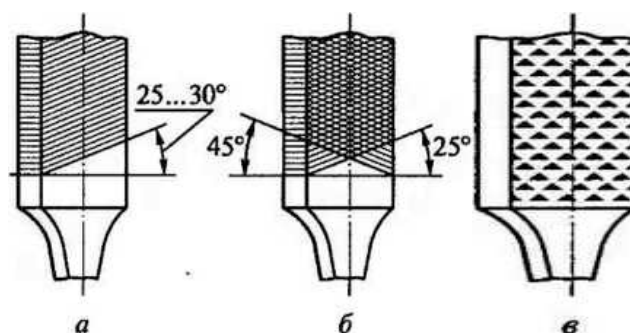


Рисунок 2.16 – Типы насечки:

a – одинарная; *б* – двойная; *в* – рашпильная

Для выполнения слесарных работ предназначены напильники с двойной насечкой, выполненной методом насекания. Такие напильники изготавливают с различной формой поперечного сечения, которая выбирается в зависимости от формы обрабатываемой поверхности:

плоские напильники (рис. 2.17, *a*, *б*) – для опилования плоских и выпуклых широких наружных поверхностей и распиливания прямоугольных отверстий;

квадратные напильники (рис. 2.17, *в*) – для распиливания квадратных и прямоугольных проемов, прямоугольных пазов и узких плоских наружных поверхностей;

трехгранные напильники (рис. 2.17, *г*) – для распиливания отверстий и пазов с углами более 60° ;

круглые напильники (рис. 2.17, *д*) – для распиливания круглых и овальных отверстий, а также вогнутых поверхностей малого радиуса закругления, которые не могут быть обработаны полукруглым напильником;

полукруглые напильники (рис. 2.17, *е*) – для опилования вогнутых поверхностей большого радиуса закругления и галтелей;

ромбические напильники (рис. 2.17, *ж*) – для опилования зубьев зубчатых

колес, звездочек, для распиливания профильных пазов и поверхностей, расположенных под острыми углами;

ножовочные напильники (рис. 2.17, з) – для опиливания внутренних углов менее 10° , а также клиновидных канавок, узких пазов, зубьев зубчатых колес, плоских поверхностей и отделки углов в трехгранных, прямоугольных и квадратных отверстиях.

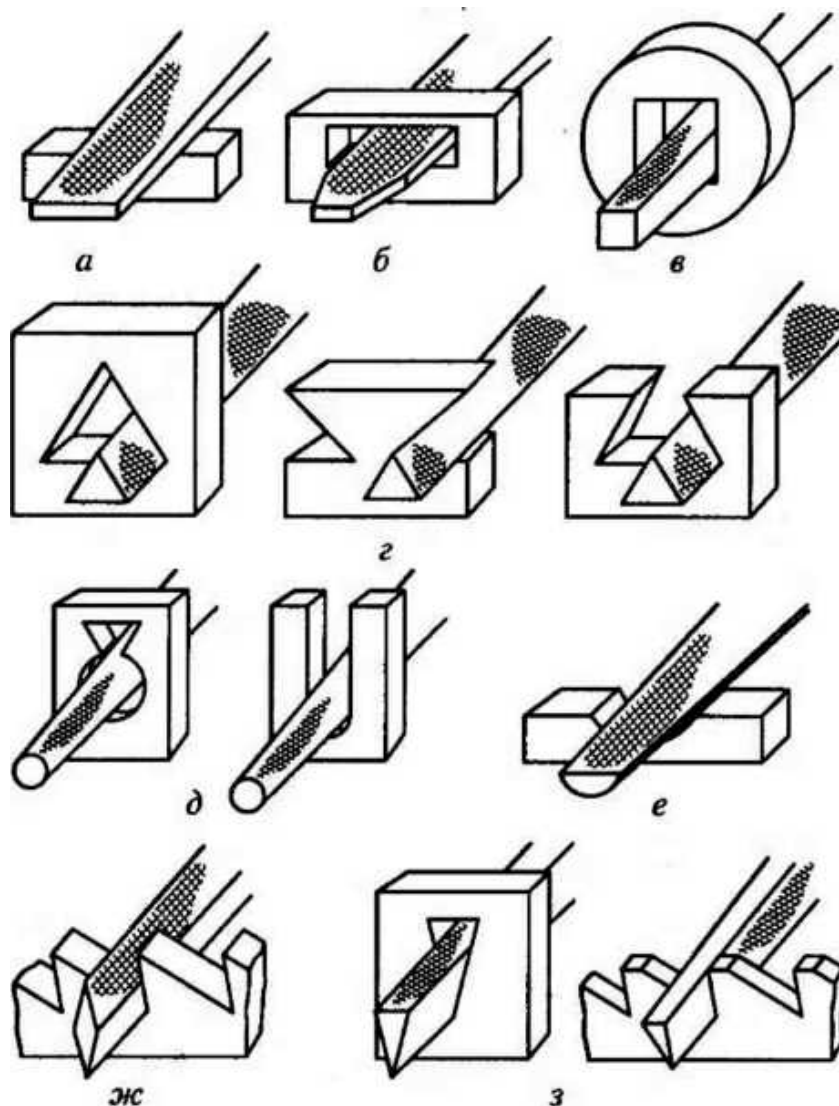


Рисунок 2.17 – Формы поперечного сечения напильников и обрабатываемых поверхностей:

а, б – плоская; в – квадратная; г – трехгранная; д – круглая; е – полукруглая; ж – ромбическая; з – ножовочная

Классификация напильников

По назначению напильники подразделяют на следующие группы: общего назначения; специального назначения; надфили; рашпили; машинные.

Напильники общего назначения предназначены для общеслесарных работ.

По числу n насечек (зубьев), приходящихся на 10 мм длины, напильники подразделяются на шесть классов, а насечки имеют номера 0, 1, 2, 3, 4, и 5:

первый класс с насечкой № 0 и 1 ($n = 4-12$) называют **драчѣвыми**;

второй класс с насечкой № 2 и 3 ($n = 13-24$) называют **личными**;

третий, четвертый и пятый класс с насечкой № 4 и 5 ($n = 24-28$) называют **бархатными**.

Напильники делятся следующие типы:

А – плоские,

Б – плоские остроносые напильники применяются для опилования наружных или внутренних плоских поверхностей;

В – квадратные напильники используются для распиливания квадратных, прямоугольных и многоугольных отверстий;

Г – трехгранные напильники служат для опилования острых углов, равных 60 градусов и более, как с внешней стороны детали, так и в пазах, отверстиях и канавках;

Д – круглые напильники используются для распиливания круглых или овальных отверстий и вогнутых поверхностей небольшого радиуса;

Е – полукруглые напильники с сегментным сечением применяют для обработки вогнутых криволинейных поверхностей значительного радиуса и больших отверстий (выпуклой стороной);

Ж – ромбические напильники применяют для опилования зубчатых колес, дисков и звездочек;

З – ножовочные напильники служат для опилования внутренних углов, клиновидных канавок, узких пазов, плоскостей в трехгранных, квадратных и прямоугольных отверстиях.

Плоские, квадратные, трехгранные, полукруглые, ромбические и ножовочные напильники изготавливают с насеченными и нарезанными зубьями. Ромбические и ножовочные напильники изготавливают только с насечками № 2, 3, 4 и 5 длиной соответственно 100–250 мм и 100–315 мм.

Напильники специального назначения для обработки цветных сплавов в отличие от слесарных напильников общего назначения имеют другие, более рациональные для данного конкретного сплава углы наклона насечек и более глубокую и острую насечку, что обеспечивает высокую производительность и стойкость напильников.

Напильники для обработки бронзы, латуни и дюралюминия имеют двойную насечку – верхняя выполнена под углами 45, 30 и 50 градусов, а нижняя – соответственно под углами 60, 85 и 60 градусов [3]. Маркируют напильники буквами ЦМ на хвостовике. А также бывают для обработки изделий из легких сплавов и неметаллических материалов, тарированные и алмазные напильники.

Надфили – это небольшие напильники, применяются для лекальных, граверных, ювелирных работ, а также для зачистки в труднодоступных местах (отверстий, углов, коротких участков профиля и др.).

Изготавливают надфили из стали У13 или У13А (допускается У12 или У12А). Длина надфилей установлена равной 80, 120 и 160 мм.

В зависимости от количества насечек, приходящиеся на каждые 10 мм длины, надфили разделяются на пять типов: № 1, 2, 3, 4 и 5. Надфили имеют на рукоятке наносимые номера насечки: № 1 – 20–40; № 2 – 28–56; № 3, 4 и 5 – 40–112 насечек на 10 мм длины.

Алмазные надфили применяют для обработки твердосплавных материалов, различных видов керамики, стекла, а также для доводки режущего твердосплавного инструмента. При обработке надфилями получают поверхности с шероховатостью Ra 0,32–0,16.

Рашипили предназначены для обработки мягких металлов (свинец, олово, медь и др.) и неметаллических материалов (кожа, резина, древесина, пластические массы), когда обычные напильники непригодны. В зависимости от профиля рашпили бывают тупоносые и остроносые, а также круглые и полукруглые с насечкой № 1 и 2 длиной 250–350 мм.

Виды опилования

Опиливание наружных плоских поверхностей начинают с проверки припуска на обработку, который мог бы обеспечить изготовление детали в соответствии с чертежом. При опиловании плоских поверхностей используют плоские напильники – драчёвый и личной. Опиливание ведут перекрестными штрихами. Параллельность сторон проверяют штангенциркулем, а качество опилования – поверочной линейкой в различных положениях (вдоль, поперек, по диагонали).

Лекальные линейки служат для проверки прямолинейности опиленных поверхностей на просвет и на краску. При проверке прямолинейности на просвет лекальную линейку накладывают на контролируемую поверхность и по размеру световой щели устанавливают, в каких местах имеются неровности.

Опиливание поверхностей угольника, расположенных под прямым углом, связано с пригонкой внутреннего угла и сопряжено с некоторыми трудностями.

Опиливание конца стержня на квадрат начинают с опилования грани, размер проверяют штангенциркулем.

2.7. Сверление

Сверлением называется образование снятием стружки отверстий в сплошном материале с помощью режущего инструмента – сверла.

Сверление применяют для получения отверстий не высокой степени точности, и для получения отверстий под нарезание резьбы, зенкирование и развертывания. Сверление применяется:

- для получения неотчетливых отверстий и значительной шероховатости, например, под крепежные болты, заклепки, шпильки и т. д.;
- для получения отверстий под нарезание резьбы, развертывания и зенкерование.

Сверлением можно получить отверстие с точностью по 10-му, в отдельных случаях – по 11-му качеству и шероховатостью поверхности Rz 320–80.

По конструкции различаются спиральные, центровочные, перовые, ружейные с наружным или внутренним отводом стружки и кольцевые (трепанирующие головки) сверла. Сверла изготавливаются из быстрорежущей стали марок P18, P12, P9, P6AM5, P6AM5Ф3, P6П5К5 и P9M4K8. Возможно оснащение режущей части сверла пластинами твердого сплава марок ВК6, ВК6М, ВК8, ВК10М, ВК15М, что позволяет использовать их при обработке материалов на высоких скоростях резания, а также при обработке материалов высокой твердости, например, легированных конструкционных сталей [5].

Наибольшее распространение в машиностроении получили спиральные сверла (рис. 2.18), они состоят из трех частей: рабочей части, хвостовика и шейки. Рабочая часть сверла образована двумя спиральными канавками и включает в себя режущую и цилиндрическую (направляющую) части с двумя ленточками, что уменьшает трение сверла о поверхность обрабатываемого отверстия. Режущей частью сверла является его вершина, образующая при заточке сверла два зуба с режущими кромками. Режущие кромки сверла выполняют основную работу резания.

Сверло имеет две режущих кромки. Для обработки металлов различной твердости, применяют сверла с различным углом наклона винтовой канавки. Для сверления стали пользуются сверлами с углом наклона канавки ω 18–30 градусов, для сверления легких и вязких металлов – 40–45 градусов, при обработке алюминия, дюралюминия и электрона – 45 градусов [2].

Конструктивные особенности и специфика работы сверла обуславливают непостоянство геометрических параметров заточки их рабочей части. Так, главный задний угол α у стандартного сверла возрастает по мере приближения к центру. На периферии сверла этот угол составляет 8–14°, а около поперечной режущей кромки уже 26–35°. На периферии передний угол $\gamma = 18–33^\circ$, а около поперечной режущей кромки $\gamma = 0^\circ$ или имеет отрицательное значение.

Угол при вершине сверла 2ϕ выбирают в зависимости от свойств обрабатываемого материала. У стандартных сверл величина этого угла колеблется в пределах 116–118° [2].

Хвостовики у спиральных сверл могут быть коническими и цилиндрическими. Конические хвостовики имеют сверла диаметром 6–80 мм. Эти хвостовики образуются конусом Морзе.

Шейка сверла, соединяющая рабочую часть с хвостовиком, имеет меньший диаметр, чем диаметр рабочей части.

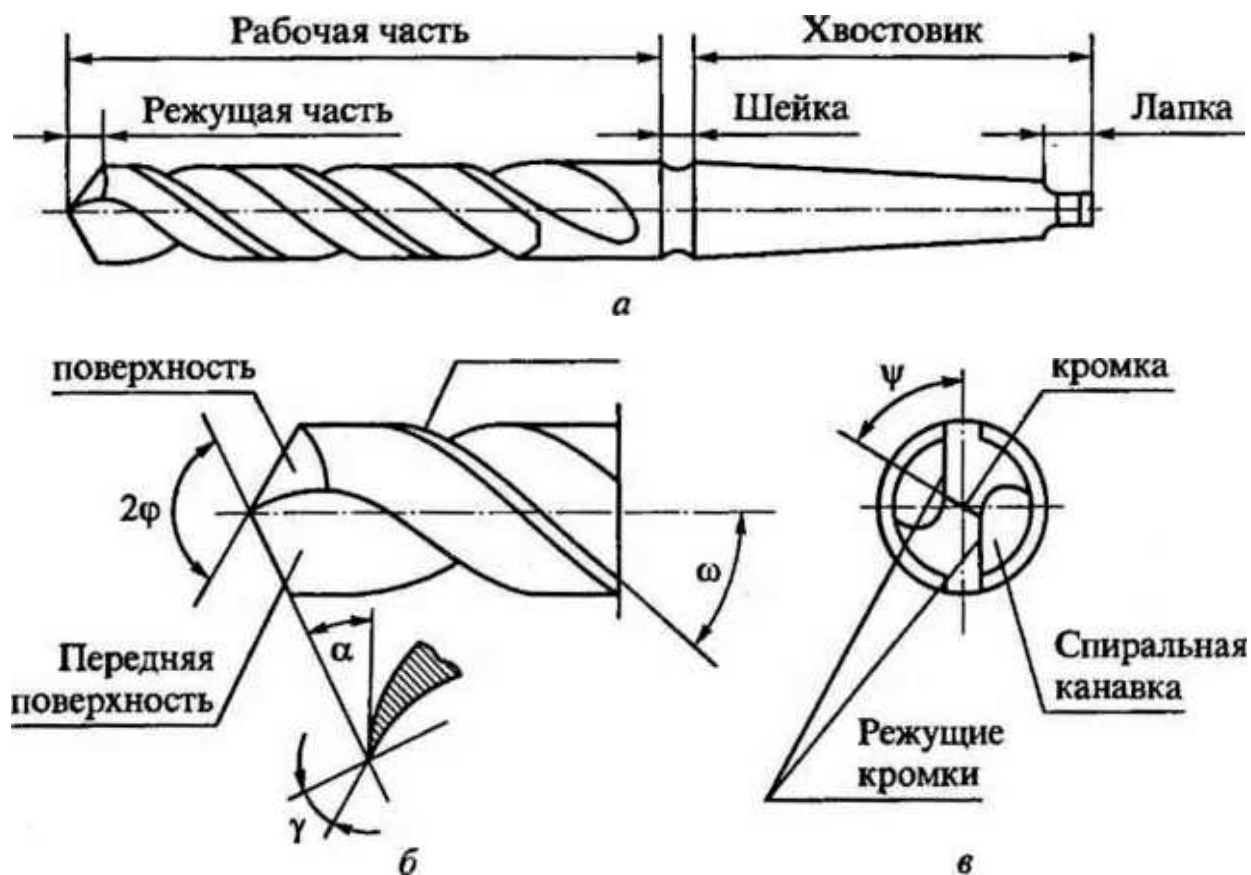


Рисунок 2.18 – Спиральное сверло:
 а – конструкция сверла; б – конструкция рабочей части; в – конструкция режущей части; 2ϕ – угол при вершине; ω – угол наклона винтовой канавки; α – главный задний угол; γ – передний угол; ψ – угол наклона поперечной режущей кромки

2.8. Зенкерование, зенкование и развертывание отверстий

Зенкерование

Зенкерованием называется процесс обработки зенкерами цилиндрических и конических необработанных отверстий в деталях, полученных литьем, ковкой, штамповкой, сверлением, с целью увеличения их диаметра, качества поверхности, повышения точности (уменьшение конусности, овальности).

Зенкеры. По внешнему виду зенкер напоминает сверло, но имеет больше режущих кромок (три-четыре) и спиральных канавок. Работает зенкер как сверло, совершая вращательное движение вокруг оси, а поступательное – вдоль оси отверстия. Зенкеры изготавливают из быстрорежущей стали; они бывают двух типов – цельные с коническим хвостиком и насадные. Первые для предварительной, а вторые для окончательной обработки отверстий. Конструкция и геометрические параметры рабочей части зенкера представлены на рисунке 2.19.

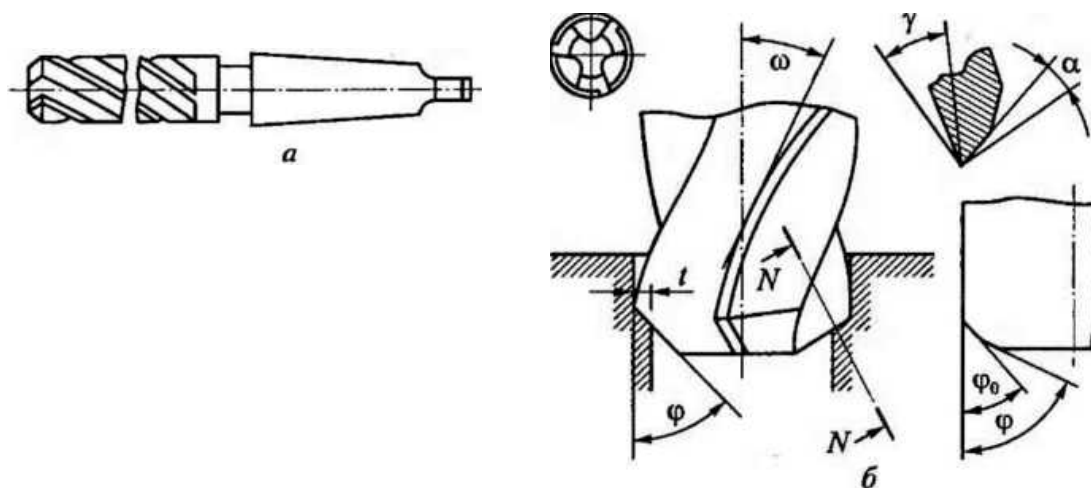


Рисунок 2.19 – Зенкер:

a – конструкция; *б* – геометрические параметры рабочей части: ω – угол наклона ленточки; φ – главный угол в плане; φ_0 – угол заборного конуса; γ – передний угол; α – задний угол; t – глубина резания

При зенкеровании деталей из стали, меди, латуни, дюралюминия применяют охлаждение мыльной эмульсией.

Для получения правильного и чистого отверстия припуск на диаметр под зенкерование должен составлять 0,05 диаметра (до 0,1 мм).

Зенкование

Зенкование – это процесс обработки специальным инструментом цилиндрических или конических углублений и фасок просверленных отверстий под головки болтов, винтов и заклепок.

Инструмент для зенкования. Основной особенностью зенковок по сравнению с зенкерами является наличие зубьев на торце и направляющих цапф, которыми зенковки вводятся в просверленное отверстие.

Зенковки бывают:

- **цилиндрическая**, имеет направляющую цапфу, рабочую часть, состоящую из 4–8 зубьев и хвостовика;
- **коническая**, имеет угол конуса при вершине 30, 60, 90 и 120 градусов;
- **державка с зенковкой и вращающимся ограничителем** позволяет зенковать отверстия на одинаковую глубину, что бывает очень трудно достичь при пользовании обычными зенковками;
- **ценковки** в виде насадных головок, имеют торцевые зубья, используют их для обработки бобышек под шайбы, упорные кольца и гайки.

Крепление зенковок и ценковок не отличается от крепления сверл.

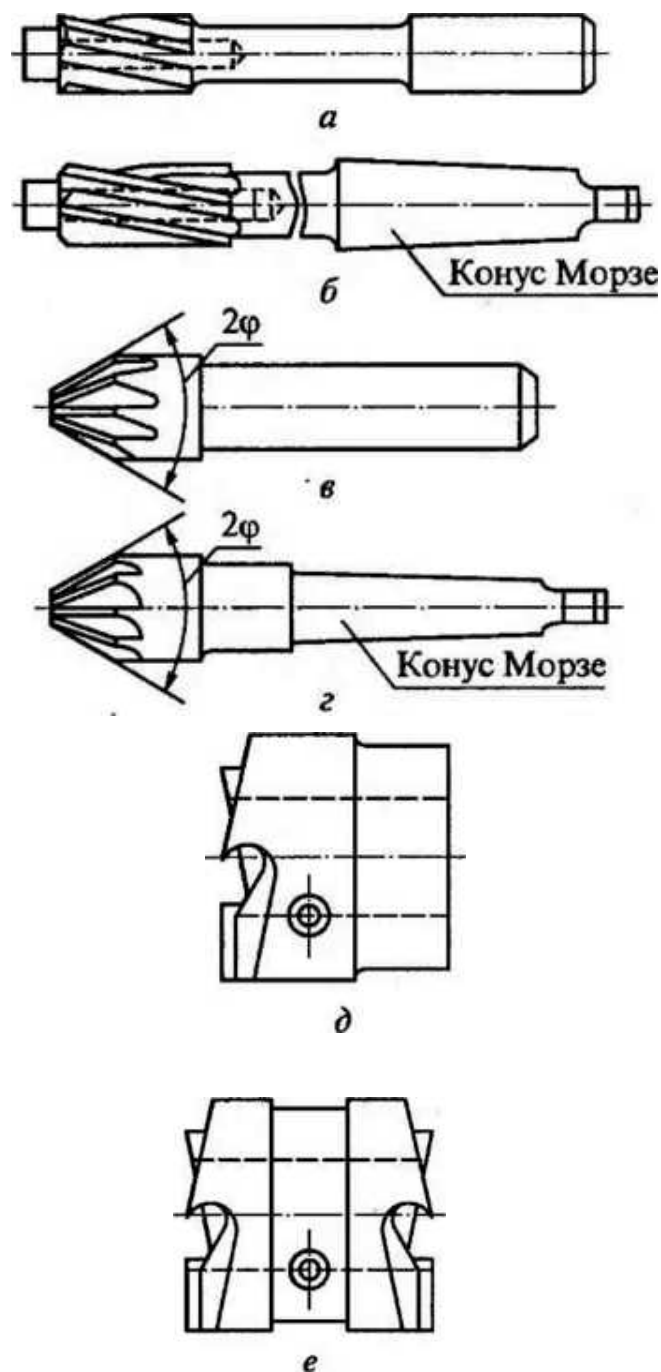


Рисунок 2.20 – Зенковки и ценковки:

а, б – цилиндрические; *в, г* – конические; *д, е* – ценковки насадные; 2φ – угол при вершине режущей и калибрующей частей инструмента

Зенковки с цилиндрическим хвостовиком (рис. 2.20, *а*) выпускаются диаметром 15; 18; 20; 22 и 24 мм; а зенковки с коническим хвостовиком (рис. 2.20, *б*) – диаметром 15; 18; 20; 22; 24; 26; 30; 32; 33; 34; 36 и 40 мм.

Зенковки для обработки конических углублений с углами 60, 90 и 120° (рис. 2.20, *в, г*) также изготавливают и с цилиндрическим, и с коническим хвостовиком. Зенковки с цилиндрическим хвостовиком изготавливают диаметром 8; 10; 12; 16; 20; 25 мм, а с коническим хвостовиком – диаметром 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63 и 80 мм.

Для подрезания торцев приливов и бобышек в литых корпусных деталях применяются одно- и двусторонние ценковки (рис. 2.20, *д*, *е*) из быстрорежущей стали или оснащенные пластинами твердого сплава. Они крепятся на специальных оправках с помощью байонетного замка. Выпускаются ценковки диаметром 25; 32; 40; 50; 63; 80 и 100 мм.

Развертывание отверстий

Развертывание – это процесс чистовой обработки отверстий, обеспечивающий точность по 7–9-му квалитетам и шероховатость поверхности $Ra\ 1,25–0,63$.

Развертки – это инструмент для развертывания отверстий ручным или машинным способом. Развертки, применяемые для ручного развертывания, называются **ручными**, для станочного развертывания – **машинными**.

По форме обрабатываемого отверстия развертки подразделяют на **цилиндрические и конические**. Ручные и машинные развертки состоят из трех основных частей: рабочей, шейки и хвостовика. У ручных разверток обратный конус составляет 0,05–0,1 мм, а у машинных – 0,04–0,3 мм [3].

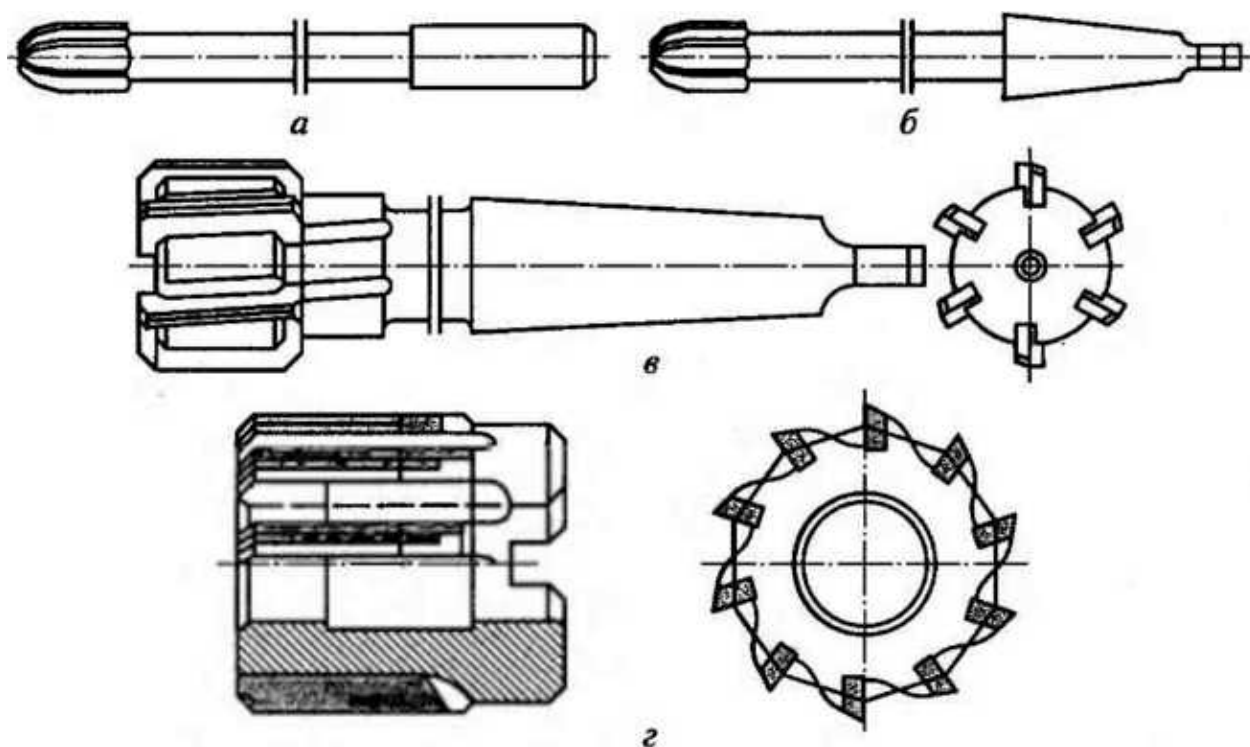


Рисунок 2.21 – Развертки, оснащенные пластинами из твердого сплава:
а, б – цельные; *в, г* – насадные

Машинные развертки изготавливают с **равномерным распределением зубьев** по окружности. Число зубьев разверток четное – 6, 8, 10 и т. д. Чем больше зубьев, тем выше качество обработки.

Ручные и машинные развертки выполняют с *прямыми* (прямозубые) и *винтовыми* (спиральные) канавками (зубьями).

Развертки подразделяются на несколько видов:

- ручные цилиндрические развертки;
- машинные развертки с коническим и цилиндрическим хвостиком;
- машинные насадные развертки и со вставными ножами;
- машинные развертки с квадратной головкой;
- машинные развертки, оснащенные пластинками из твердого сплава;
- раздвижные (регулируемые) машинные развертки.

Приемы развертывания

Развёртыванию всегда предшествует сверление и зенкерование отверстий. Глубина резания определяется толщиной срезаемого слоя, составляющей половину припуска на диаметр. При этом нужно иметь в виду, что для отверстий диаметром не более 25 мм под черное развёртывание оставляют припуск 0,01–0,15 мм, под чистовое – 0,05–0,02 мм [2].

Ручное развёртывание. Приступая к развёртыванию, прежде всего, следует:

- выбрать соответствующую развертку, затем убедиться, что на режущих кромках нет выкрошившихся зубьев или забоин;
- осторожно установить в отверстие развертку и проверить ее положение по угольнику 90 градусов; убедившись в перпендикулярности оси, в отверстие вставляют конец развертки так, чтобы ее ось совпала с осью отверстия; вращение осуществляют только в одном направлении, так как при вращении в обратном направлении может искрошиться лезвие.

Обработка конических отверстий. Вначале обрабатывают отверстие ступенчатым зенкером, затем применяют развёртку со стружколомающими канавками и далее – коническую развертку с гладкими режущими лезвиями.

Безопасность труда. При развёртывании отверстий необходимо выполнять те же требования безопасности, что и при сверлении.

2.9. Нарезание резьбы

Понятие о резьбе. Образование винтовой линии

Нарезанием резьбы называется ее образование снятием стружки (а также пластическим деформированием) на наружных или внутренних поверхностях заготовок деталей.

Резьба бывает *наружной и внутренней*. Деталь (стержень) с наружной резьбой называется *винтом*, а с внутренней – *гайкой*. Эти резьбы изготавливаются на станках или вручную.

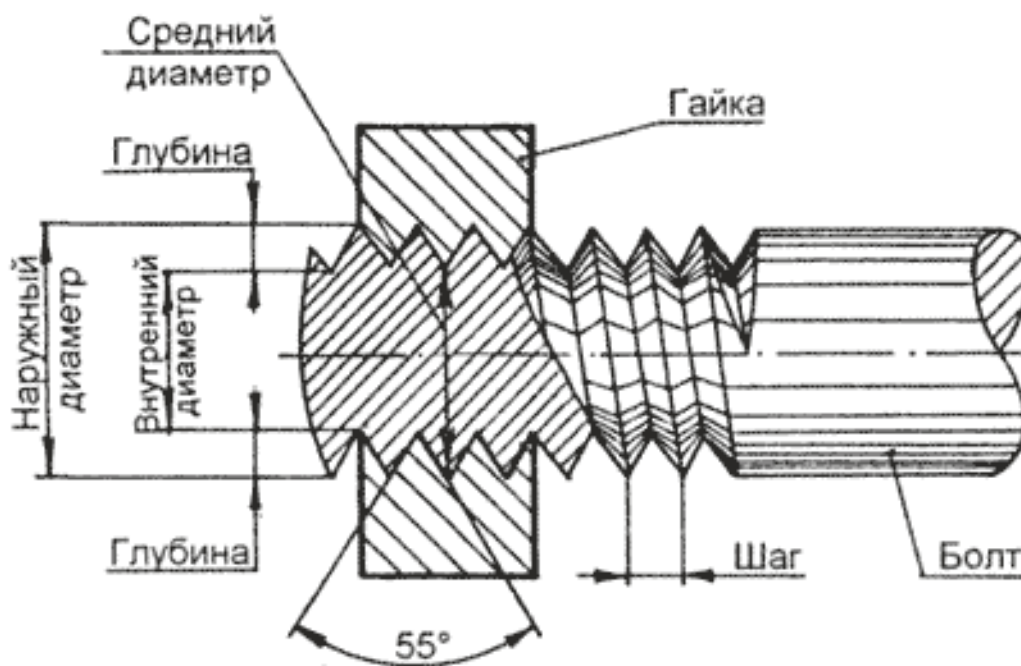


Рисунок 2.22 – Основные элементы резьбы

Профиль резьбы

Профиль резьбы зависит от формы режущей части инструмента, с помощью которого нарезается резьба:

а) цилиндрическая треугольная резьба. Это крепежная резьба, нарезается на шпильках – гайка, болтах;

б) прямоугольная резьба имеет прямоугольный (квадратный) профиль. Трудна в изготовлении, непрочна и применяется редко;

в) трапецеидальная ленточная резьба имеет сечение в виде трапеции с углом профиля, равным 30 градусам. Применяется для передачи движений или больших усилий в металлорежущих станках (ходовые винты, домкраты, прессы и т. д.);

г) упорная резьба имеет профиль в виде неравнобокой трапеции с рабочим углом при вершине, равным 30 градусам. Основания витков закруглены, что обеспечивает в опасном сечении прочный профиль;

д) круглая резьба имеет профиль, образованный двумя дугами, сопряженными с небольшими прямолинейными участками, и углом, равным 30 градусам. В машиностроении эта резьба применяется редко, ее применяют в соединениях, подвергающихся сильному износу (арматура пожарного трубопровода, вагонные стяжки, крюки грузоподъемных машин и т. д.).

Резьба может быть левая и правая, по числу ниток резьбы разделяют на одноходовые и многоходовые.

Основные типы резьбы и их обозначение. В машиностроении, как правило, применяют три системы резьбы – метрическую, дюймовую и трубную.

Метрическая резьба имеет треугольный профиль с плоскосрезанными вершинами, и шаг выражен в миллиметрах, они делятся на резьбы с нормальным шагом М20 (число – наружный диаметр резьбы), с мелким шагом М20х1,5 (число – наружный шаг резьбы). Их применяют как крепежные: с нормальным шагом – при значительных нагрузках и для крепежных деталей (гаек, болтов, винтов), с мелким шагом – при малых нагрузках тонких регулировках.

Дюймовая резьба имеет треугольный плоскосрезанный профиль с углом 55 градусов (резьба Витворта) или 60 градусов (резьба Селлерса). Все размеры этой резьбы выражаются в дюймах (1” = 25,4 мм). Шаг выражается числом ниток (витков) на длине одного дюйма с диаметрами от 3/16 до 4” и числом ниток на 1”, равным 24–3 [2].

Трубная цилиндрическая резьба стандартизована, представляет собой мелкую дюймовую резьбу, но в отличие от последней сопрягается без зазоров и имеет закругленные вершины.

Стандартизованы трубные резьбы диаметрами от 1/8 до 6” с числом ниток на одном дюйме от 28 до 11.

Инструмент для нарезания резьбы

Резьбы на деталях получают на сверлильных, резьбонарезных и токарных станках, а также накатыванием, т. е. методом пластических деформаций. Инструментом для накатывания резьбы служат накатные плашки, накатные ролики и накатные головки.

Внутреннюю резьбу нарезают метчиками, наружную – плашками, прогонками и другими инструментами.

Для нарезания внутренней резьбы как вручную, так и с использованием различного механизированного оборудования применяют особый инструмент – метчик.

Метчики отличаются различными конструктивными решениями, которые зависят от характера и условий обработки, а также от материала обрабатываемой заготовки. Однако принцип конструкции у всех метчиков одинаков.

Метчик (рис. 2.23) представляет собой закаленный винт, на котором прорезано несколько прямых или винтовых канавок, образующих режущие кромки инструмента. Канавки также обеспечивают размещение стружки, образующейся при резании, по ним стружка может выводиться из зоны резания.

Метчик состоит из двух частей – рабочей и хвостовика, на конце которого выполнен квадрат (у ручных метчиков). Рабочая часть метчика включает в себя: режущую (заборную) часть, которая обеспечивает удаление основной части припуска на обработку; калибрующую часть, осуществляющую окончательную обработку резьбы; стружечные канавки; перья (витки резьбы, разделенные стружечными канавками) и сердцевину, обеспечивающую метчику достаточную для обработки прочность и жесткость. Хвостовая часть

метчика служит для закрепления его в воротке, которым производятся рабочие и холостые перемещения метчика.

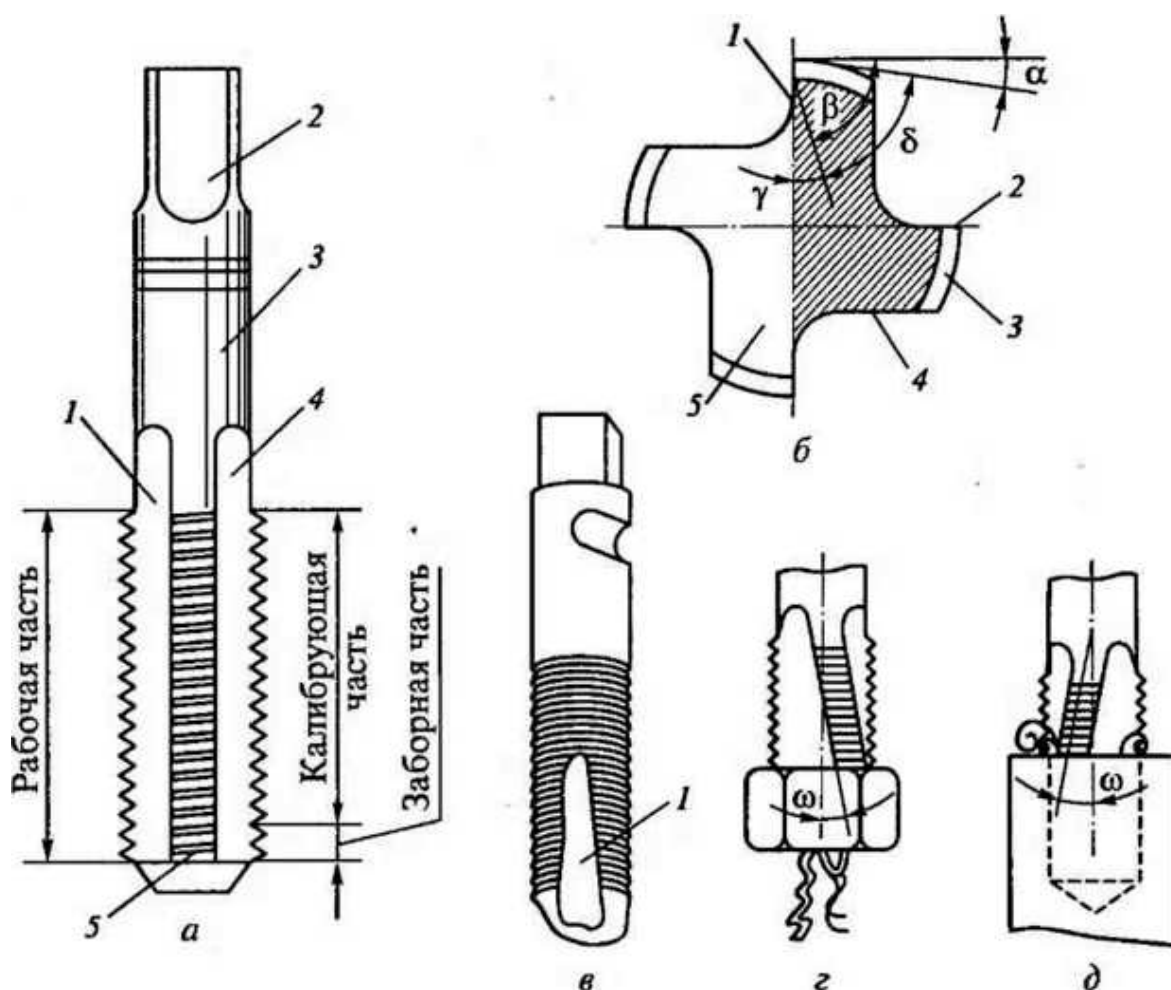


Рисунок 2.23 – Метчик:

a – конструкция: 1 – нитка (виток); 2 – квадрат; 3 – хвостовик; 4 – канавка; 5 – режущее перо; *б* – геометрические параметры: 1 – передняя поверхность; 2 – режущая кромка; 3 – затылованная поверхность; 4 – задняя поверхность; 5 – режущее перо; (α – задний угол; δ – угол резания; β – угол заострения; γ – передний угол); *в* – с винтовой стружечной канавкой: 1 – канавка; *г* – нарезание сквозной резьбы; *д* – нарезание глухой резьбы: ω – угол наклона винтовой канавки

Рабочую часть метчика изготавливают из инструментальных углеродистых сталей марок У11, У11А, быстрорежущей стали или твердого сплава. Выбор материала рабочей части зависит от физико-механических свойств обрабатываемой заготовки. У цельных метчиков материал хвостовой части тот же, а у метчиков, состоящих из двух частей, соединяемых сваркой, хвостовую

часть изготавливают из конструкционной стали марок 45 и 40Х: Число стружечных канавок, выполненных на метчике, зависит от его диаметра (три канавки для метчиков диаметром до 20 мм и четыре – для метчиков диаметром свыше 20 мм).

Основную работу при нарезании резьбы выполняют режущие кромки, образованные пересечением передних поверхностей канавки с задними (затылованными, выполненными по архимедовой спирали) поверхностями рабочей части. Затылование задней поверхности режущих зубьев позволяет сохранить постоянным их профиль после переточки, которая осуществляется централизованно в заточных цехах.

Как правило, метчики изготавливают с прямыми канавками, однако для улучшения условий резания и получения точных и чистых резьб применяют метчики с винтовыми канавками. Угол наклона такой канавки к оси метчика составляет 8–15°. Для получения точных и чистых резьбовых поверхностей в сквозных отверстиях при обработке мягких и вязких материалов используют бесканавочные метчики.

Конструкция метчиков зависит от их назначения. В соответствии с этим используют ручные (слесарные), гаечные (машинно-ручные), плашечные, маточные, сборные и специальные метчики; в зависимости от профиля нарезаемой резьбы – для метрической, дюймовой и трубной резьб; по конструкции – на цельные, сборные (регулируемые и самовыключающиеся) и специальные.

По точности нарезаемой резьбы метчики делятся на четыре группы – С, D, E и H. Метчики группы С – самые точные, группы E и H – менее точные с нешлифованным профилем зубьев. Группа С и D – со шлифованным профилем зубьев; ими нарезают высококлассные резьбы.

Машинно-ручные метчики применяют для нарезания метрической, дюймовой и трубной цилиндрической и конической резьб в сквозных и глухих отверстиях всех размеров.

Машинные метчики применяют для нарезания на станках резьб в сквозных и глухих отверстиях. Они бывают цилиндрическими и коническими.

Гаечные метчики служат для нарезания метрической резьбы в гайках за один рабочий ход вручную или на станке. Они выполняются однокомплектными, имеют длинную режущую часть и хвостовик.

Также бывают метчики **плашечные, маточные, специальные, бесканавочные, комбинированные, метчики с винтовыми канавками** – все они отличаются друг от друга формой и местом применения.

Воротки. При нарезании резьбы вручную, режущий инструмент вращают с помощью воротков, устанавливаемых на квадраты хвостовиков.

Нерегулируемые воротки имеют одно или три отверстия; в **регулируемых воротках** есть регулируемое отверстие для вращения метчика при нарезании резьбы в труднодоступных местах.

Тарированный вороток состоит из корпуса, пружины и втулки и применяется для нарезания резьбы в глубоких и глухих местах.

Универсальный вороток предназначен для закрепления плашек с

наружным диаметром 20 мм, всех видов метчиков и разверток, имеющих хвостовики квадратного сечения со сторонами до 8 мм. Для закрепления плашек в корпусе универсального воротка имеется гнездо. Плашка закрепляется винтами.

2.10. Клепка

Клепкой называется процесс соединения двух или нескольких деталей с помощью заклепок. Этот вид соединения относится к группе не разъемных, так как разъединение склепанных деталей возможно только путем разрушения заклепки.

Заклепочные соединения применяются при изготовлении металлических конструкций мостов, ферм, рам, балок, а также в самолетостроении, котлостроении, судостроении и т. д.

Процесс клепки состоит из основных операций:

- образование отверстия под заклепку в соединяемых деталях сверлением или пробивкой;
- зенкование гнезда под закладную головку заклепки (при клепке заклепками с потайной головкой);
- вставка заклепки в отверстие;
- образование замыкающей головки заклепки, т. е. собственно клепка.

Клепка делится на холодную, выполняемую без нагрева заклепок, и горячую, при которой стержень заклепки перед постановкой нагревают до 1000–1100 градусов.

Холодная или горячая клепка производится в зависимости от диаметра заклепок:

- до $d = 8$ мм – только холодная;
- при $d = 8–12$ мм – как горячая, так и холодная;
- при $d > 12$ мм – только горячая.

В зависимости от инструмента и оборудования, а также нанесения ударов или давления на заклепку различают три вида клепки – ударную ручными инструментами; ударную с помощью клепальных пневмомолотков; прессовую с помощью клепальных прессов или скоб.

Заклепочные соединения имеют ряд недостатков: увеличение массы клепанных конструкций; ослабление склепываемого материала в местах образования отверстий под заклепки; увеличение технологических операций.

Различают клепку на ручную, механизированную и машинную.

Типы заклепок

Заклепка – это цилиндрический металлический стержень с головкой определенной формы. Головка заклепки, высаженная заранее, т. е. изготовленная вместе со стержнем, называется *закладной*, а образующаяся во время клепки из части стержня, выступающего над поверхностью склепываемых деталей, – *замыкающей*.

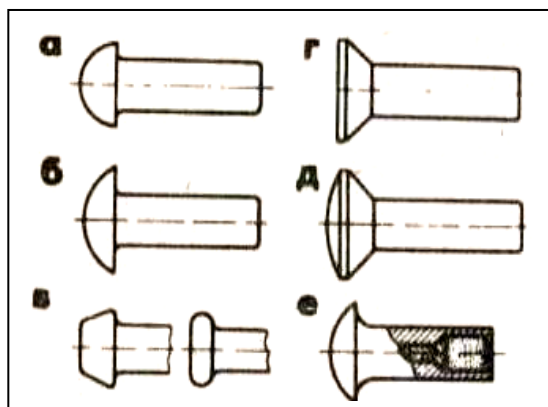


Рисунок 2.24 – Виды заклепок

По форме головок различают заклепки: *a* – с полукруглой высокой головкой со стержнем диаметром 1–36 мм и длиной 2–180 мм; *б* – с полукруглой низкой головкой со стержнем диаметром 1–10 мм и длиной 4–80 мм; *в* – с плоской головкой со стержнем диаметром 2–36 мм и длиной 4–180 мм; *г* – с потайной головкой со стержнем диаметром 1–36 мм и длиной 2–180 мм; *д* – с полупотайной головкой со стержнем диаметром 2–36 мм и длиной 3–210 мм.

Заклепки изготовляют из материалов с хорошей пластичностью – сталей (Ст2, Ст3, стали 10 и 15), меди (МЗ, МТ), латуни (Л63), алюминиевых сплавов (АМг5П, Д18, АД1), нержавеющей стали (Х18Н9Т), легированной стали (09Г2) [5].

Заклепки выполняются из того же материала, что и соединяемые детали.

Взрывные заклепки имеют в свободном конце стержня углубление (камеру), заполняемую взрывчатым веществом, защищенное от влаги слоем лака.

Клепку взрывными заклепками осуществляют в тех случаях, когда невозможно сделать замыкающую головку.

Клепка **трубчатыми заклепками** заключается в установке заклепки с полым стержнем в отверстие, затем заклепку осаживают пистонницей, тем самым подтягивая детали друг к другу, и расклепывают.

Заклепки с сердечниками имеют полый стержень (пистон), в который помещен сердечник с утолщенной частью на конце. Процесс клепки выполняется с помощью клещей или ручного пресса путем протягивания сердечника сквозь пистон и впрессовывания его в стенки отверстия, а при дальнейшем протягивании замыкающая головка входит в пистон и развальцовывает его.

Заклепки ЦАГИ состоят из двух частей – пистона и сердечника (из стали 30ХМА), который закаливается.

2.11. Шабрение

Шабрение – это окончательная слесарная операция, заключающаяся в соскабливании очень тонких слоев материала с поверхности заготовки с

помощью режущего инструмента – шабера. Шабрение применяется в тех случаях, когда необходимо обработать поверхности с очень малой шероховатостью. Как правило, шабрению подвергаются сопрягаемые поверхности, перемещающиеся друг относительно друга (трущиеся поверхности). С его помощью достигается плотное прилегание сопрягаемых поверхностей, надежное удерживание смазки между трущимися поверхностями и точные размеры деталей.

Шабрением обрабатываются как плоские, так и криволинейные поверхности (например, направляющие станков), поверхности подшипников скольжения, детали приборов, а также поверхности различных инструментов и приспособлений (например, поверочные плиты, угольники, линейки). За один проход шабер может удалить с поверхности заготовки очень тонкий слой металла толщиной не более 0,7 мм. При средних усилиях, прикладываемых к инструменту, толщина снимаемой стружки составляет 0,01–0,03 мм [2].

Шабрение является весьма трудоемкой операцией и требует чрезвычайно высокой квалификации слесаря. В практике слесарных работ шабрение занимает около 20 %, поэтому большое значение имеют механизация труда и замена ручного шабрения станочными методами обработки.

Инструменты и приспособления для шабрения

Шаберы изготавливаются из углеродистых инструментальных сталей марок У10–У13. Составные шаберы могут оснащаться пластинами из быстрорежущей стали или твердого сплава.

Для шабрения плоских поверхностей используются одно- или двухсторонние шаберы с прямолинейной или криволинейной режущей кромкой (рис. 2.25, *а, б, в*). Геометрические параметры шаберов зависят от вида обработки, материала заготовки и угла установки инструмента по отношению к обрабатываемой поверхности. Торцевая поверхность шабера затачивается под углом заострения 90–100° по отношению к оси инструмента. При черновой обработке угол заострения равен 75–90°, при чистовой – 90°, а при отделочной – 90–100°. Угол заострения для чугуна и бронзы выбирается равным 90–100°, для стали – 75–90°, а для мягких металлов – 35–40° [2].

Режущим инструментом при шабрении является шабер. Шаберы различаются *по конструкции* – цельные и составные, *по форме режущей кромки* – плоские, трехгранные и фасонные, а также *по числу режущих граней* – односторонние и двухсторонние.

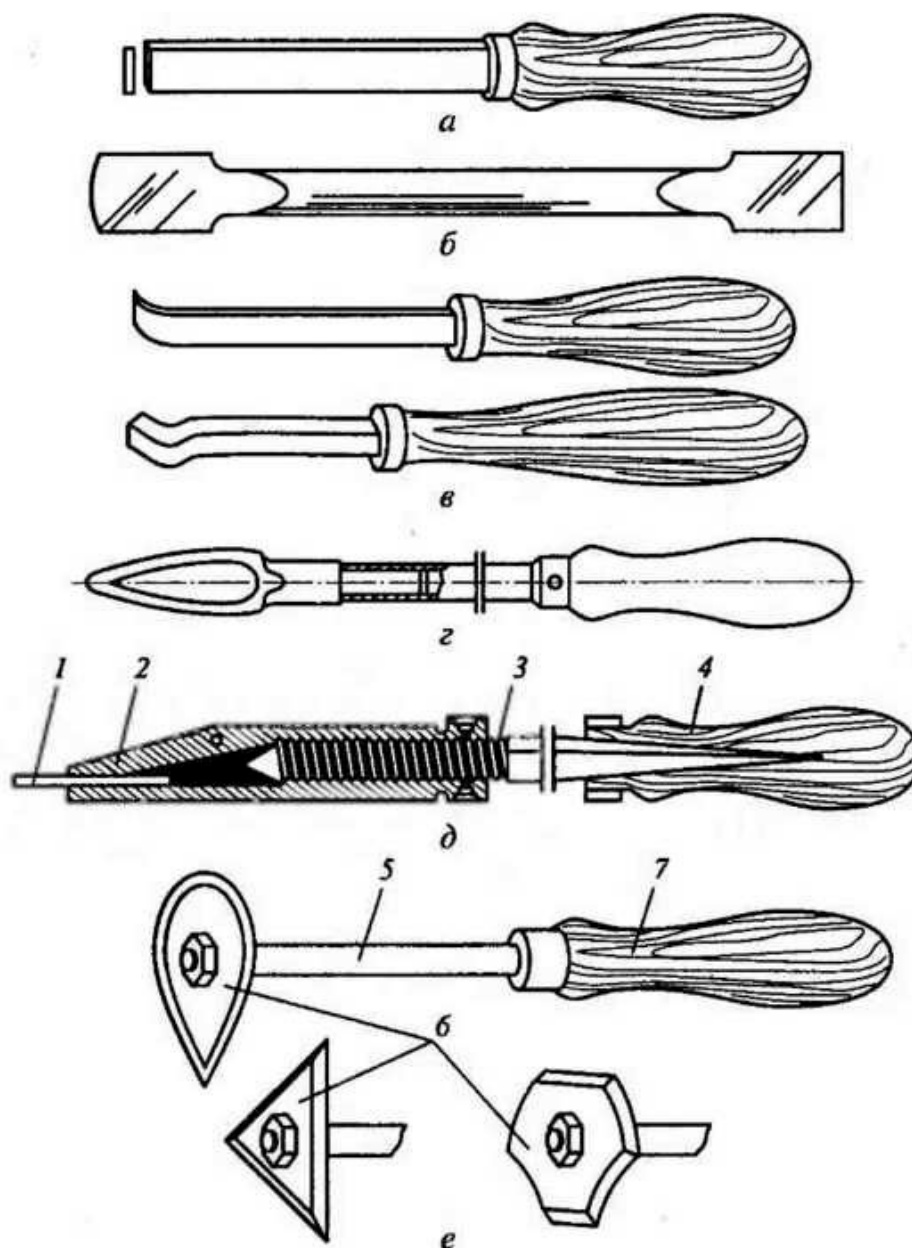


Рисунок 2.25 – Шаберы:

а – односторонний с прямолинейной режущей кромкой; *б* – двухсторонний;
в – изогнутый двухсторонний; *г* – трехсторонний; *д*, *е* – составные:
1, *б* – сменные пластины; *2* – держатель; *3* – зажимной винт; *4*, *5*, *7* – рукоятки

Выбор длины режущей кромки и радиуса ее закругления зависит от твердости обрабатываемого материала и заданной шероховатости обработанной поверхности. Чем тверже обрабатываемый материал и выше требования к чистоте обработанной поверхности, тем более узкой должна быть режущая кромка шабера и меньшим радиус закругления.

Для чернового шабрения применяются шаберы с шириной режущей кромки 20–30 мм, для чистового – 15–20 мм и для отделочного – 5–12 мм.

Для шабрения вогнутых поверхностей, например, вкладышей подшипников скольжения, предназначены трехгранные шаберы (рис. 2.25, *г*), которые имеют

три режущие кромки и могут быть прямыми и изогнутыми; их угол заострения составляет 60° . У этих шаберов на гранях находятся продольные канавки (желобки), что делает более удобной заточку и заправку инструмента [2].

Помимо цельных, используются составные шаберы (рис. 2.25, е), позволяющие быстро заменять режущие пластины, а потому удобные для выполнения различных шабровочных работ. Такой шабер состоит из корпуса держателя 2, рукоятки 4 и зажимного винта 3. Сменную режущую пластину 1 из углеродистой, быстрорежущей стали или твердого сплава закрепляют в держателе 2, вращая винт 3 при помощи рукоятки 5.

В более простой конструкции шабера (рис. 2.25, е) режущие пластины 6 закрепляются в рукоятке 7 при помощи гайки.

3. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКАХ

3.1. Классификация металлорежущих станков

Металлорежущий станок – это машина, предназначенная для обработки заготовок в целях образования заданных поверхностей путем снятия стружки или путем пластической деформации. Обработка производится преимущественно путем резания лезвийным или абразивным инструментом. Станки применяют также для выглаживания поверхности детали, для обкатывания поверхности роликами. Металлообрабатывающие станки осуществляют резание неметаллических материалов, например, дерева, текстолита, капрона, и других пластических масс. Специальные станки обрабатывают также керамику, стекло и другие материалы. Металлообрабатывающие станки классифицируют по различным признакам, в зависимости от вида обработки, применяемого режущего инструмента и компоновки.

Металлорежущие станки в зависимости от характера выполняемых работ и типа применяемых режущих инструментов подразделяются на 11 групп.

Группа токарных станков (поз. 1–6) состоит из станков, предназначенных для обработки поверхностей вращения. Объединяющим признаком станков этой группы является использование в качестве движения резания вращательного движения заготовки.

Группа сверлильных станков (поз. 7–10) включает также и расточные станки. Объединяющим признаком этой группы станков является их назначение – обработка круглых отверстий. Движением резания служит вращательное движение инструмента, которому обычно сообщается также движение подачи. В горизонтально-расточных станках подача может осуществляться также перемещением стола с обрабатываемой деталью.

Наиболее распространенные типы металлорежущих станков представлены на рисунке 3.1.

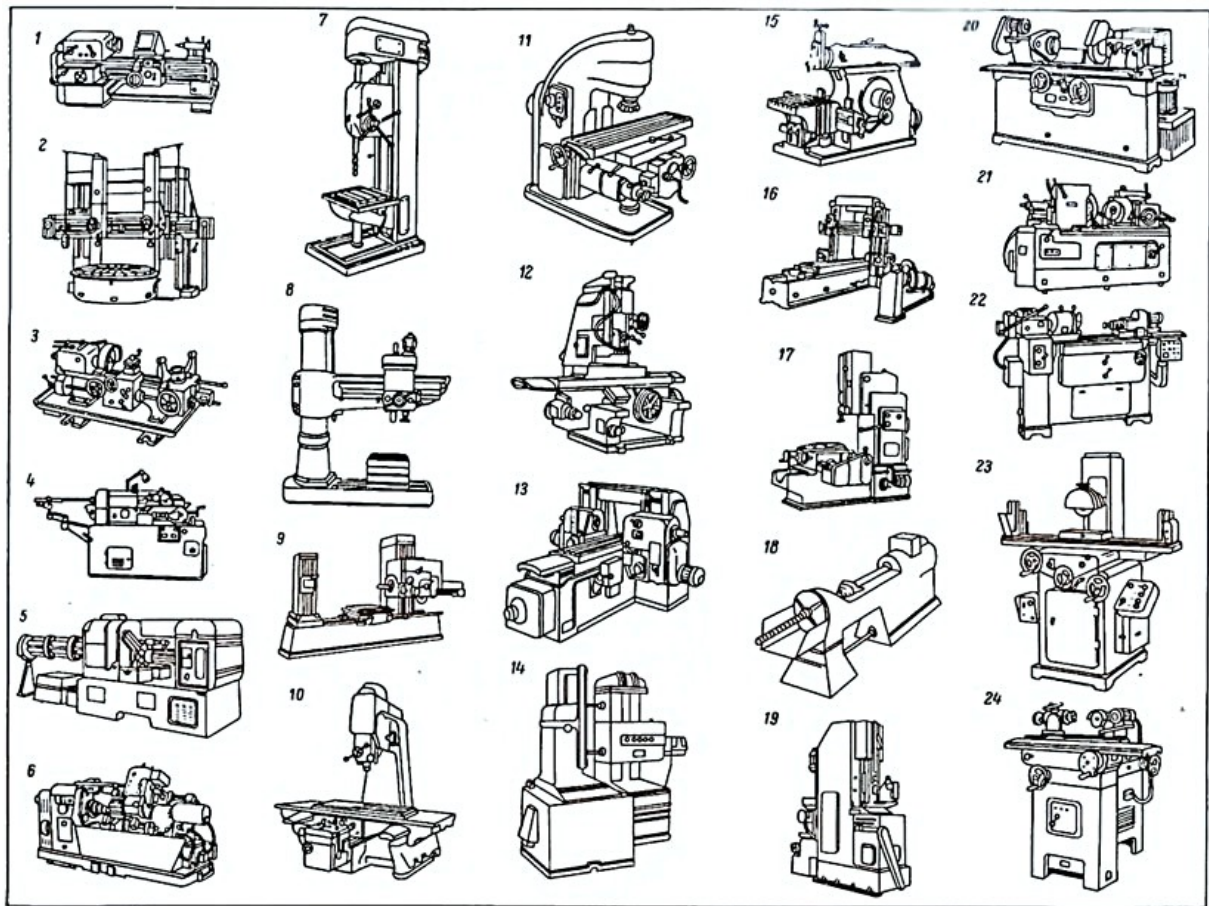


Рисунок 3.1 – Типы металлорежущих станков

Группа шлифовальных станков (поз. 20–24) объединяется по признаку использования в качестве режущего инструмента абразивных шлифовальных кругов.

Группа полировальных и доводочных станков объединяется по признаку использования в качестве режущего инструмента абразивных брусков, абразивных лент, порошков и паст.

Группа зубообрабатывающих станков включает все станки, которые служат для обработки зубьев колес, в том числе шлифовальные.

Группа фрезерных станков (поз. 11–14) состоит из станков, использующих в качестве режущего инструмента многолезвийные инструменты – фрезы.

Группа строгальных станков (поз. 15–17) состоит из станков, у которых общим признаком является использование в качестве движения резания прямолинейного возвратно-поступательного движения резца или обрабатываемой детали.

Группа разрезных станков включает все типы станков, предназначенных для разрезки и распиловки катаных материалов (прутки, уголки, швеллеры и т. п.).

Группа протяжных станков (поз. 18 и 19) имеет один общий признак: использование в качестве режущего инструмента специальных многолезвийных инструментов – протяжек.

Группа резьбообрабатывающих станков включает все станки (кроме станков токарной группы), предназначенные специально для изготовления резьбы.

Группа разных и вспомогательных станков объединяет все станки, которые не относятся ни к одной из перечисленных выше групп.

Нумерация станков

В настоящее время действует единая система условных обозначений станков, основанная на присвоении каждой модели станка шифра (номера). Нумерация металлорежущих станков, разработанная Экспериментальным научно-исследовательским институтом металлорежущих станков (ЭНИМС), построена по десятичной системе. Все станки делятся на 10 групп, каждая группа подразделяется на 10 типов и каждый тип – на 10 типоразмеров. Как видно из таблицы (Приложение 1), объединение станков по группам при нумерации основано на несколько ином принципе, чем при классификации. Номер, присваиваемый каждой модели станка, может состоять из трех или четырех цифр и букв, причем буквы могут стоять после первой цифры или в конце номера, например: 612, 1616, 6Н82, 2620, 6Н12ПБ. Первая цифра номера показывает группу, к которой относится данный станок. Вторая цифра указывает тип станка в данной группе. Третья или третья и четвертая цифры совместно указывают условный размер станка. Так, например, для токарных станков третья и четвертая цифры показывают высоту центров в сантиметрах или дециметрах (1620, 1616, 1670); для токарно-револьверных станков и автоматов – максимальный диаметр обрабатываемых прутков в миллиметрах (1336, 1125, 1265); для сверлильных станков – максимальный диаметр сверления отверстия в мягкой стали в миллиметрах (2А125, 2А135, 2150). Для консольно-фрезерных станков третья цифра условно показывает размер стола. Для того чтобы различить конструктивное исполнение станков одного и того же размера, но с разной технической характеристикой, между первой и второй цифрами вводится буква. Так, например, все станки моделей 162, 1А62, 1Б62, 1К62 – токарные с высотой центров 200 мм. Однако модель 162 имеет максимальное число оборотов в минуту 600, модель 1А62 – 1200, 1Б62 – 1500, а современная модель 1К62 имеет 2000 оборотов в минуту. Буквы, стоящие в конце номера, означают различные модификации станков одной и той же базовой модели. Так, например, горизонтально-фрезерный станок модели 6Н82Г представляет собой упрощенный тип базового универсально-фрезерного станка модели 6Н82, копировально-фрезерный станок модели 6Н12К является модификацией базового вертикально-фрезерного станка модели 6Н12 и т. д. В некоторых случаях четвертая цифра также означает выпуск станка прежнего типоразмера, но усовершенствованной конструкции. Например, модель 262 представляет собой горизонтально-расточный станок второго размера. Аналогично по размерам расточный станок новой конструкции обозначается как модель 2620.

Классификация станков по типам

Станки одного и того же типа могут отличаться компоновкой (например, фрезерные универсальные, горизонтальные, вертикальные), кинематикой, т. е. совокупностью звеньев, передающих движение, конструкцией, системой управления, размерами, точностью обработки и др.

Стандартами установлены основные размеры, характеризующие станки каждого типа. Для токарных и круглошлифовальных станков – это наибольший диаметр обрабатываемой заготовки, для фрезерных станков – длина и ширина стола, на который устанавливаются заготовки или приспособления, для поперечно-строгальных станков – наибольший ход ползуна с резцом [4].

Группа однотипных станков, имеющих сходную компоновку, кинематику и конструкцию, но разные основные размеры, составляет размерный ряд. Так, по стандарту, для зубофрезерных станков общего назначения предусмотрено 12 типоразмеров с диаметром устанавливаемого изделия от 80 мм до 12,5 м.

Конструкция станка каждого типоразмера, спроектированная для заданных условий обработки, называется моделью. Каждой модели присваивается свой шифр – номер, состоящий из нескольких цифр и букв. Первая цифра означает группу станка, вторая – его тип, третья цифра или третья и четвертая цифры отражают основной размер станка. Например, модель 16К20 означает: токарно-винторезный станок с наибольшим диаметром обрабатываемой заготовки 400 мм. Буква между второй и третьей цифрами означает определенную модернизацию основной базовой модели станка.

По степени специализации существуют следующие станки.

1. **Универсальные**, выполняющие различные операции при обработке разнообразных деталей. Станки, используемые для особенно большого диапазона работ, называют *широкоуниверсальными*.
2. **Специализированные**, обрабатывающие детали, сходные по конфигурации, но имеющие различные размеры.
3. **Широкого назначения**, выполняющие ограниченный круг операций на деталях широкой номенклатуры.
4. **Специальные**, обрабатывающие детали только одного типоразмера.

По степени точности различают станки пяти классов:

Класс Н – станки *нормальной* точности; к нему относится большинство универсальных станков.

Класс П – станки *повышенной* точности, изготавливаемые на базе станков нормальной точности, но при повышенных требованиях к точности изготовления ответственных деталей станка и качеству сборки и регулировки.

Класс В – станки *высокой* точности, достигаемой за счет специальной конструкции отдельных узлов, высоких требований к точности изготовления деталей, к качеству сборки и регулировки узлов и станка в целом.

Класс А – станки *особо высокой* точности; при их изготовлении предъявляются еще более жесткие требования, чем при изготовлении станков класса В.

Класс С – станки *особо точные* или *мастер-станки*, предназначенные для

изготовления деталей, определяющих точность станков классов А и В.

По массе различают станки *легкие* (до 1 т), *средние* (до 10 т) и *тяжелые* (свыше 10 т). Тяжелые, в свою очередь, подразделяются на *крупные* (10–30 т), *собственно тяжелые* (30–100 т) и *особо тяжелые* (уникальные) (более 100 т).

Классификация станков по степени автоматизации. Выделяют станки-автоматы и полуавтоматы. Автоматом называют станок, в котором после наладки все движения, необходимые для выполнения цикла обработки, в том числе загрузка заготовок и выгрузка готовых деталей, осуществляется автоматически, т. е. выполняется механизмами станка без участия оператора.

Цикл работы полуавтомата выполняется также автоматически, за исключением загрузки-выгрузки, которые производит оператор, он же осуществляет пуск полуавтомата после загрузки каждой заготовки.

С целью комплексной автоматизации для крупносерийного и массового производства создают автоматические линии и комплексы, объединяющие различные автоматы, а для мелкосерийного производства – гибкие производственные модули (ГПМ).

Автоматизация мелкосерийного производства деталей достигается созданием станков с программным управлением (цикловым), в обозначение моделей вводится буква Ц (или числовым буква Ф). Цифра после буквы Ф обозначает особенность системы управления:

Ф1 – станок с цифровой индикацией (с показом чисел, отражающих, например, положение подвижного органа станка) и предварительным набором координат;

Ф2 – станок с позиционной или прямоугольной системой;

Ф3 – станок с контурной системой;

Ф4 – станок с универсальной системой для позиционной и контурной обработки, например, модель 1Б732Ф3 – токарный станок с контурной системой ЧПУ.

3.2. Точение

Точение – лезвийная обработка резанием (ЛОР) цилиндрических и торцевых поверхностей; главное движение – вращательное, придается заготовке или режущему инструменту; движение подачи – прямолинейное или криволинейное, придается режущему инструменту вдоль, перпендикулярно или под углом к оси вращения. Точением обрабатываются шейки и торцевые поверхности круглых стержней (валов); наружные и внутренние цилиндрические поверхности и торцы дисков; внутренние цилиндрические торцевые поверхности некруглых стержней и корпусных деталей.

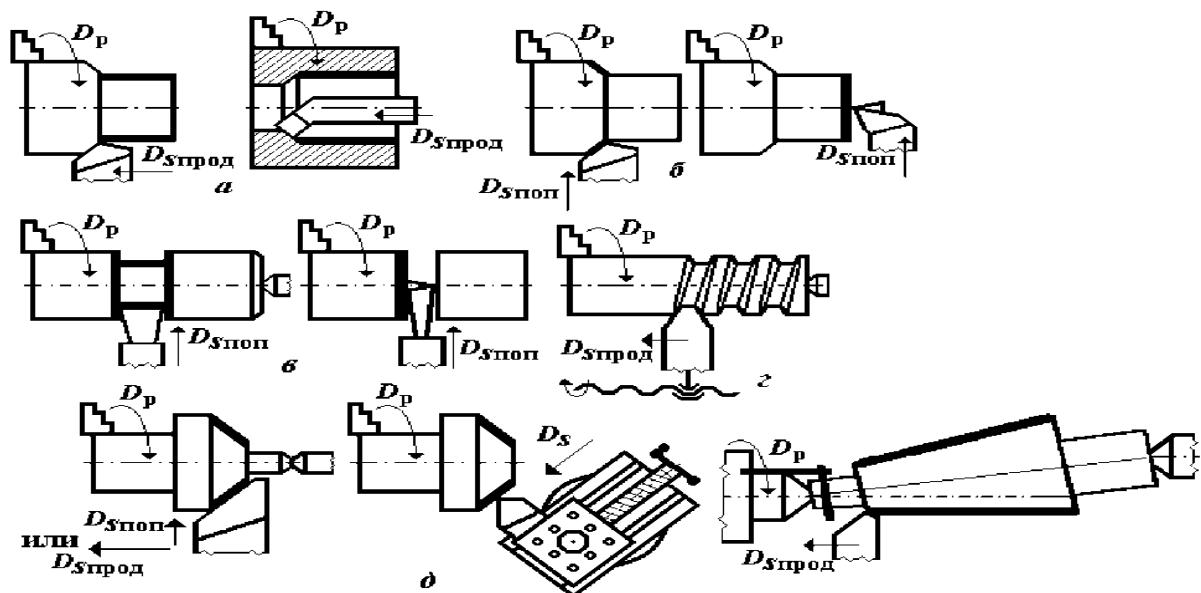


Рисунок 3.2 – Основные технологические схемы точения:
а – продольное точение; *б* – поперечное точение; *в* – нарезание канавки и отрезание; *г* – нарезание резьбы; *д* – точение конических и фасонных поверхностей; D_p – направление линейной скорости движения заготовки; D_S – направление подачи резца; $D_{Sпрод}$ – направление продольной подачи резца; $D_{Sпоп}$ – направление поперечной подачи резца

В зависимости от вида обработанной поверхности различают: обтачивание (обработка наружных поверхностей) и растачивание (обработка внутренних поверхностей).

В зависимости от направления движения подачи различают: продольное точение (рис. 3.2, *а*) (движение подачи направлено вдоль оси вращения заготовки); поперечное точение (рис. 3.2, *б*) (движение подачи направлено перпендикулярно оси вращения заготовки); нарезание канавок и отрезание (рис. 3.2, *в*), точение конусов (движение подачи направлено под углом к оси вращения заготовки); нарезание винтовых поверхностей (рис. 3.2, *д*).

Рабочий инструмент для токарных работ

Основным рабочим инструментом при выполнении токарных работ являются резцы, общий вид и геометрические характеристики, которого представлены на рисунках 3.3 и 3.4.

Токарный резец состоит из головки, являющейся рабочей частью, и тела или стержня (рис. 3.3). Стержень предназначен для закрепления резца в резцедержателе. Головка резца образуется тремя поверхностями: передней и двумя задними. Передняя поверхность – это поверхность резца, по которой сходит стружка. Задние поверхности – это поверхности, обращенные к обрабатываемой заготовке. Различаются главная и вспомогательная задние поверхности. Главная задняя поверхность – это поверхность, обращенная к

плоскости резания. Вспомогательная задняя поверхность – это поверхность, обращенная к уже обработанной поверхности заготовки.

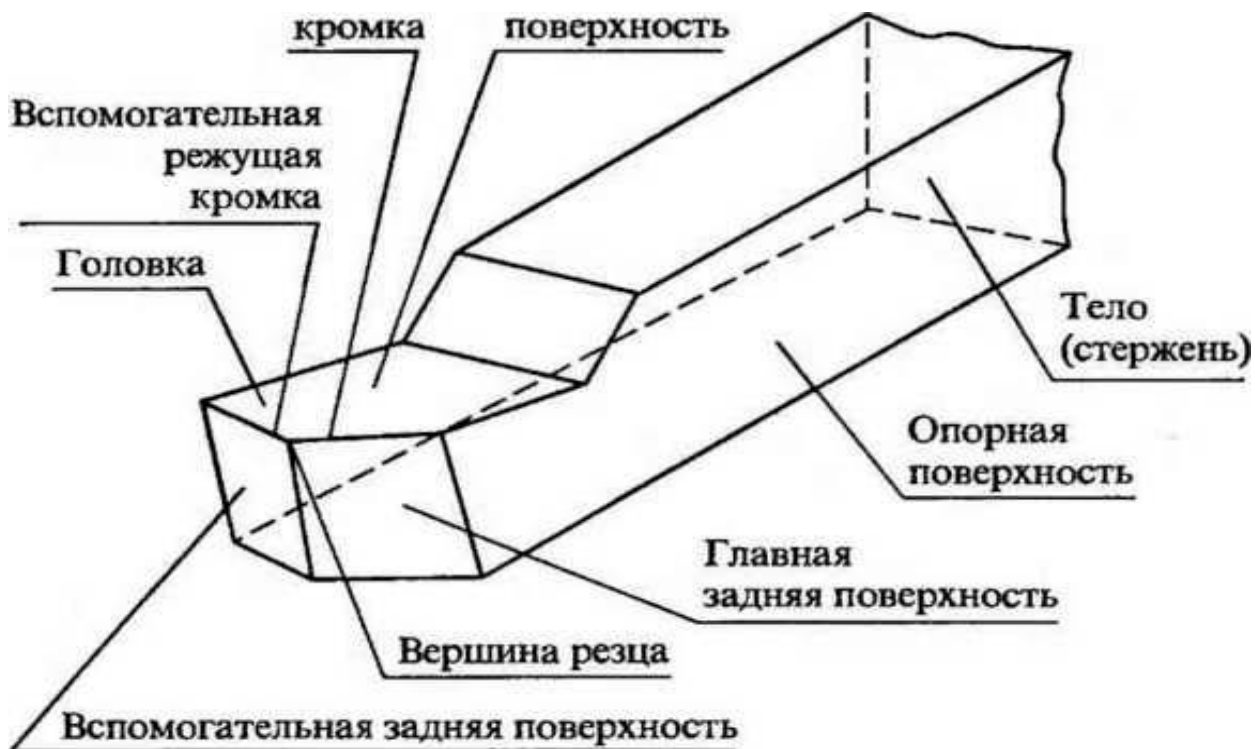


Рисунок 3.3 – Конструкция резца

Пересекаясь, поверхности резца образуют режущие кромки. Основную работу резания выполняет главная режущая кромка, образованная пересечением передней и главной задней поверхностей. На пересечении главной и вспомогательной режущих кромок образуется вершина резца. Основными геометрическими характеристиками резца являются главные и вспомогательные углы, углы в плане и угол наклона главной режущей кромки (рис. 3.4).

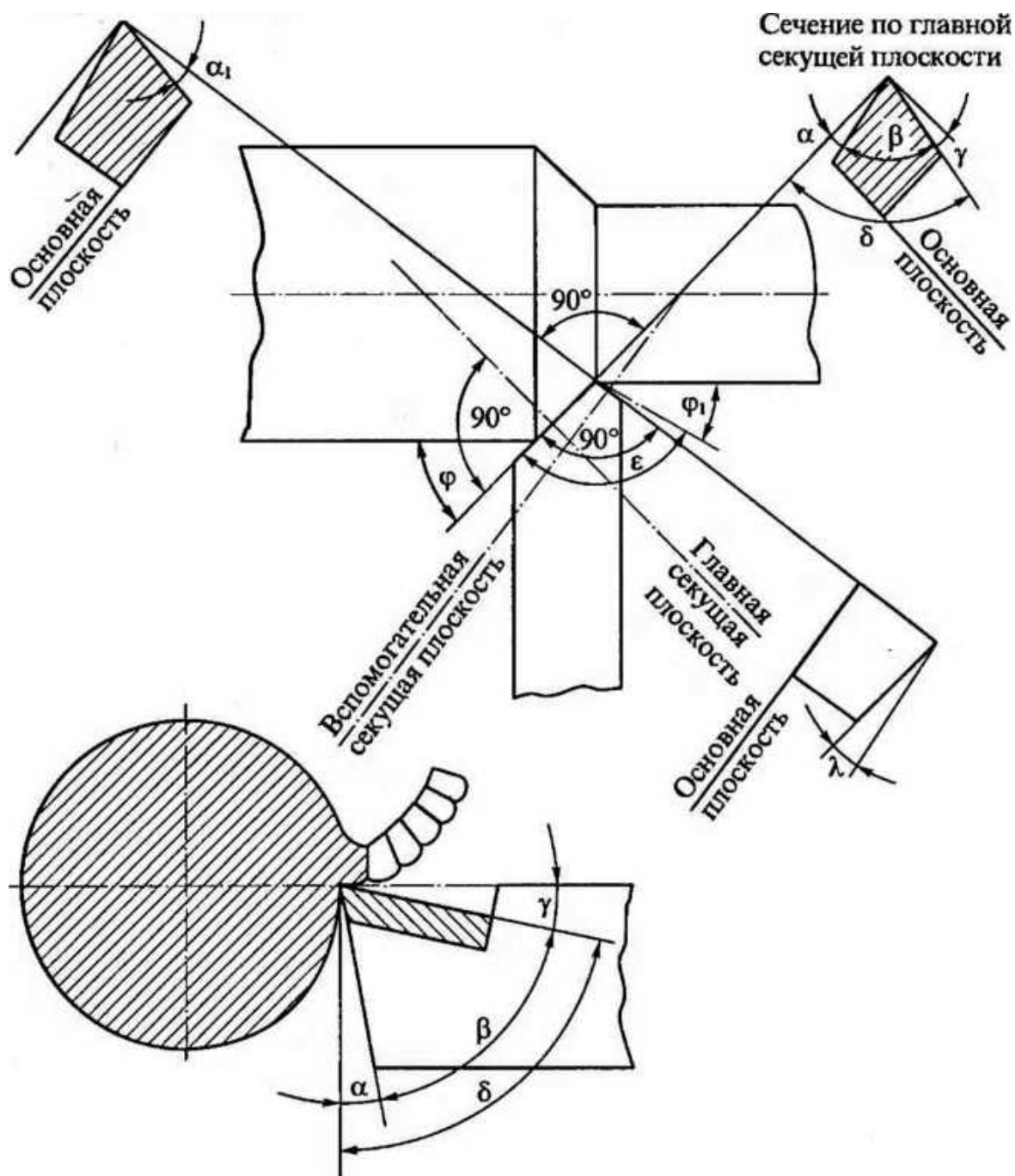


Рисунок 3.4 – Геометрия токарного резца:

α – главный задний угол; β – угол заострения; γ – передний угол; δ – угол резания; α_1 – вспомогательный задний угол; φ – главный угол в плане; φ_1 – вспомогательный угол в плане; ε – угол при вершине в плане; λ – угол наклона главной режущей кромки

Определение углов резца осуществляется в системе координатных плоскостей: плоскость резания, основная плоскость, главная и вспомогательная секущие плоскости.

Плоскость резания проходит через главную режущую кромку резца касательно к поверхности резания. Основная плоскость параллельна

направлениям продольной и поперечной подачи. Для токарных резцов она совпадает с плоскостью их основания. Главная секущая плоскость перпендикулярна проекции главной режущей кромки на основную плоскость. Вспомогательная секущая плоскость перпендикулярна проекции вспомогательной режущей кромки на основную плоскость.

Главный задний угол α измеряется в главной секущей плоскости между главной задней поверхностью резца и плоскостью резания. Угол заострения β – это угол между передней и главной задней поверхностью. Главный передний угол γ – это угол между передней поверхностью резца и плоскостью, проходящей перпендикулярно плоскости резания через главную режущую кромку. Сумма этих углов составляет 90° . Угол резания δ находится между передней поверхностью резца и плоскостью резания. Главный угол в плане φ расположен между проекцией главной режущей кромки на основную плоскость и направлением подачи. Вспомогательный угол в плане φ_1 – это угол между проекцией вспомогательной режущей кромки на основную плоскость и направлением подачи.

Угол в плане при вершине резца ε образуется между проекциями главной и вспомогательной режущих кромок на основную плоскость. Вспомогательный задний угол α_1 измеряется во вспомогательной секущей плоскости между вспомогательной задней поверхностью и плоскостью, проходящей через вспомогательную заднюю кромку перпендикулярно основной плоскости. Угол наклона главной режущей кромки λ – это угол между главной режущей кромкой и линией, проведенной через вершину угла параллельно основной плоскости.

По характеру обработки различают резцы: для чернового, получистового, чистового точения. По типу инструментального материала и способу его крепления на головке различают резцы: цельные из углеродистых или из быстрорежущих сталей; с напайной пластинкой из быстрорежущей стали или из твердого сплава; с механическим креплением пластинки твердого сплава или кристалла сверхтвердого материала. По виду пластины твердого сплава различают резцы: с перетачиваемыми и с неперетачиваемыми пластинами.

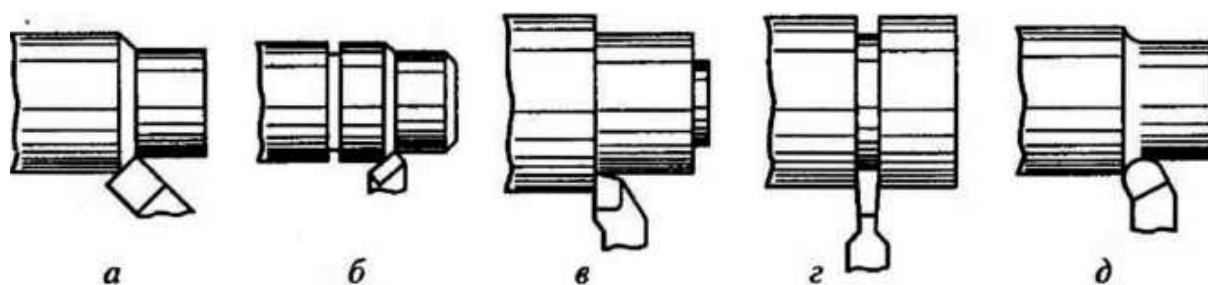


Рисунок 3.5 – Конструкции токарных резцов:

а, б – проходные отогнутые; *в* – проходной упорный; *г* – прорезной;
д – фасонный

В зависимости от характера выполняемых работ различаются виды резцов: проходные – для обработки гладких цилиндрических поверхностей (рис. 3.5, *a*, *б*); проходные упорные – для обработки ступенчатых цилиндрических поверхностей (рис. 3.5, *в*); отрезные и прорезные – для отрезания заготовок или прорезания канавок (рис. 3.5, *г*) и фасонные – для обтачивания галтелей (рис. 3.5, *д*).

Устройство токарных станков

Основные станки токарной группы показаны на рисунке 3.6.

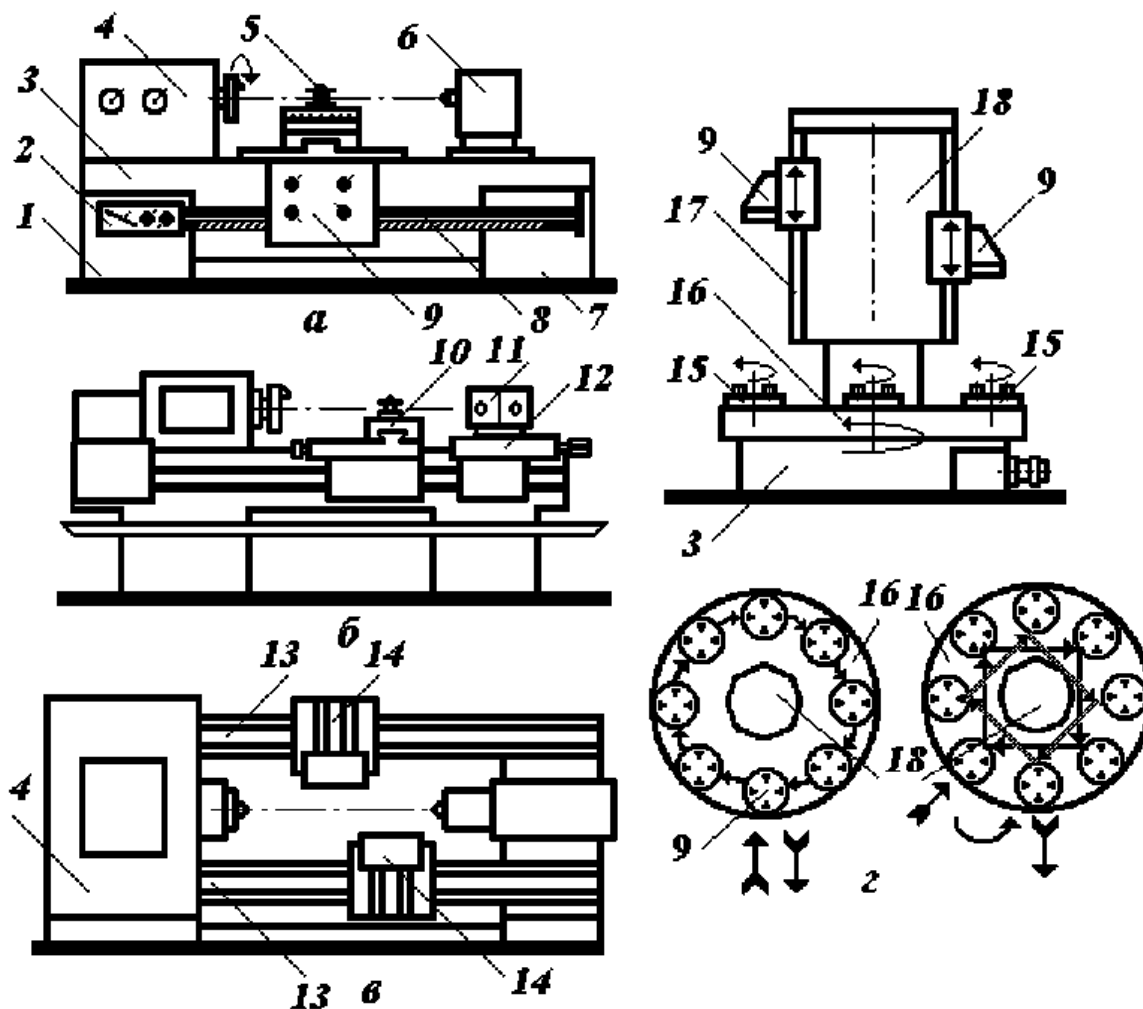


Рисунок 3.6 – Станки токарной группы:

a – универсальный токарно-винторезный станок; *б* – патронный токарно-револьверный полуавтомат; *в* – токарный гидрокопировальный автомат; *г* – вертикальный многшпиндельный полуавтомат; 1, 7 – передняя и задняя тумба; 2 – коробка подач; 3 – станина; 4, 6 – передняя и задняя бабка; 5 – резцедержатель; 8 – ходовой вал; 9 – суппорт; 10 – поперечный суппорт; 11 – револьверная головка; 12 – револьверный суппорт; 13 – траверса; 14 – верхний и нижний суппорт; 15 – шпиндель; 16 – карусель; 17 – направляющие; 18 – центральная колонна

На универсальном токарно-винторезном станке (рис. 3.6, а) обрабатывают детали различных классов (круглые и некруглые стержни, кольца, диски, корпусные детали). Станина 3 станка – массивная базовая чугунная деталь имеет две тумбы: переднюю 1 и заднюю 7. В передней тумбе установлен главный электродвигатель. Верхняя часть станины имеет две пары направляющих для базирования и перемещения подвижных элементов станка. Передняя бабка 4 закреплена на левой части станины. В корпусе передней бабки расположена коробка скоростей и шпиндель. На правом резьбовом конце шпинделя устанавливается технологическая оснастка для базирования и закрепления заготовок. Шпиндель получает вращение (главное движение D_F) от главного электродвигателя через клиноременную передачу, систему зубчатых колес и муфт, размещенных на валах коробки скоростей, расположенной внутри передней бабки. Задняя бабка 6 установлена на правой части станины с возможностью перемещения по ее внутренним направляющим. Задняя бабка необходима для повышения жесткости закрепления длинных валов. Внутри задней бабки размещена выдвигная пиноль, в конусное отверстие которой вставляются различные центры. При обработке длинных валов ($L/D > 4$) передний конец заготовки устанавливается в патрон, закрепленный на шпинделе, а задний конец поджимается центром, установленным в пиноли задней бабки. При обработке коротких заготовок, заготовок типа “некруглый стержень”, или корпусных заготовок в конусное отверстие пиноли устанавливается осевой инструмент, что позволяет производить осевую обработку центрального отверстия в заготовке. Движение подачи при этом осуществляется вручную вращением маховика задней бабки. На наружных направляющих станины размещается суппорт 9, состоящий из резцедержателя 5, поворотных, поперечных и продольных салазок. В четырехпозиционном резцедержателе 5 устанавливаются режущие инструменты – токарные резцы. Поворотные салазки установлены с возможностью поворота и фиксации вокруг вертикальной оси, что позволяет обрабатывать короткие (до 150 мм) конусные поверхности с большими углами конусности (до 45°). При обработке длинных конусных поверхностей с малыми углами конусности (до 5°) смещают ось вращения заготовки, перемещая заднюю бабку перпендикулярно направляющим станины. Поперечные салазки позволяют придать режущему инструменту движение подачи (D_s) под углом 90° к оси вращения заготовки (поперечная подача). Продольные салазки позволяют придать режущему инструменту движение подачи (D_s) вдоль оси вращения заготовки (продольная подача). Движение подачи осуществляется вручную или автоматически. На передней стенке станины закреплена коробка подач, кинематически связанная со шпинделем. Коробка подач передает движение на ходовой вал 8 и ходовой винт. Ходовой винт служит для обеспечения автоматической подачи только при нарезании резьбы. Для обеспечения автоматической подачи при других работах служит ходовой вал.

Для обработки партии сложных деталей типа ступенчатый валик, фланец, кольцо применяют токарно-револьверные станки (рис. 3.6, б). В токарно-револьверном станке несколько режущих инструментов устанавливают в

револьверной головке 11, что позволяет сократить время на установку и наладку инструментов. Револьверные станки с многогранной револьверной головкой дополнительно оснащены одним или двумя (передним и задним) револьверными суппортами 12. Все инструменты, работающие с продольным движением подачи, закрепляются в револьверной головке. Все инструменты, работающие с поперечным движением подачи, закрепляются в суппортах. Обработка ступенчатых валов ведется на многолезцовых токарных полуавтоматах, автоматах или на токарных гидрокопировальных автоматах (рис. 3.6, в). На станине 3 станка установлены: передняя бабка 4 с коробкой скоростей и шпинделем; задняя бабка, верхняя и нижняя траверсы 13. По траверсам перемещаются верхний и нижний суппорты 14. Верхний суппорт имеет только поперечное движение подачи, нижний – только продольное (в гидрокопировальных автоматах суппорт перемещается по копиру, что позволяет обрабатывать сложные ступенчатые или фасонные поверхности). Диски обрабатывают на вертикальных многошпиндельных полуавтоматах (рис. 3.6, г). На станине 3 размещены: центральная колонна 18 и карусель 16.

Карусель установлена с возможностью дискретного или непрерывного поворота вокруг оси колонны. При непрерывном вращении карусели колонна также синхронно вращается. На карусели установлены шпиндели 15 с кулачковыми патронами. По вертикальным направляющим 17 колонны перемещаются суппорты 9. При дискретном вращении карусели возможны два исполнения станка: с одинарной индексацией карусели и с двойной индексацией. На станках с одинарной индексацией проводится односторонняя обработка заготовки. На первой позиции проводится загрузка заготовки, далее после каждого поворота карусели обрабатывается группа поверхностей, далее обработанная деталь возвращается на первую позицию, где снимается со станка. Следовательно, на одном станке одновременно обрабатывается семь заготовок. На станках с двойной индексацией карусель поворачивается на двойной угловой шаг. Первая позиция загрузочная. Далее на нечетных позициях ведется обработка заготовки с одной стороны. Полуобработанная заготовка возвращается на первую позицию, где вручную или с помощью автооператора заготовка переносится на вторую загрузочную позицию и базируется по обработанным поверхностям. На четных позициях заготовка обрабатывается с другой стороны и снимается со станка. Следовательно, на станке ведется полная обработка заготовок с двух сторон.

Приспособления для токарной обработки

При обработке круглых стержней на универсальных токарных станках чаще всего применяется трех- или шестикулачковый самоцентрирующий патрон (рис. 3.7, а), состоящий из корпуса 1, в радиальных пазах которого перемещаются кулачки 3.

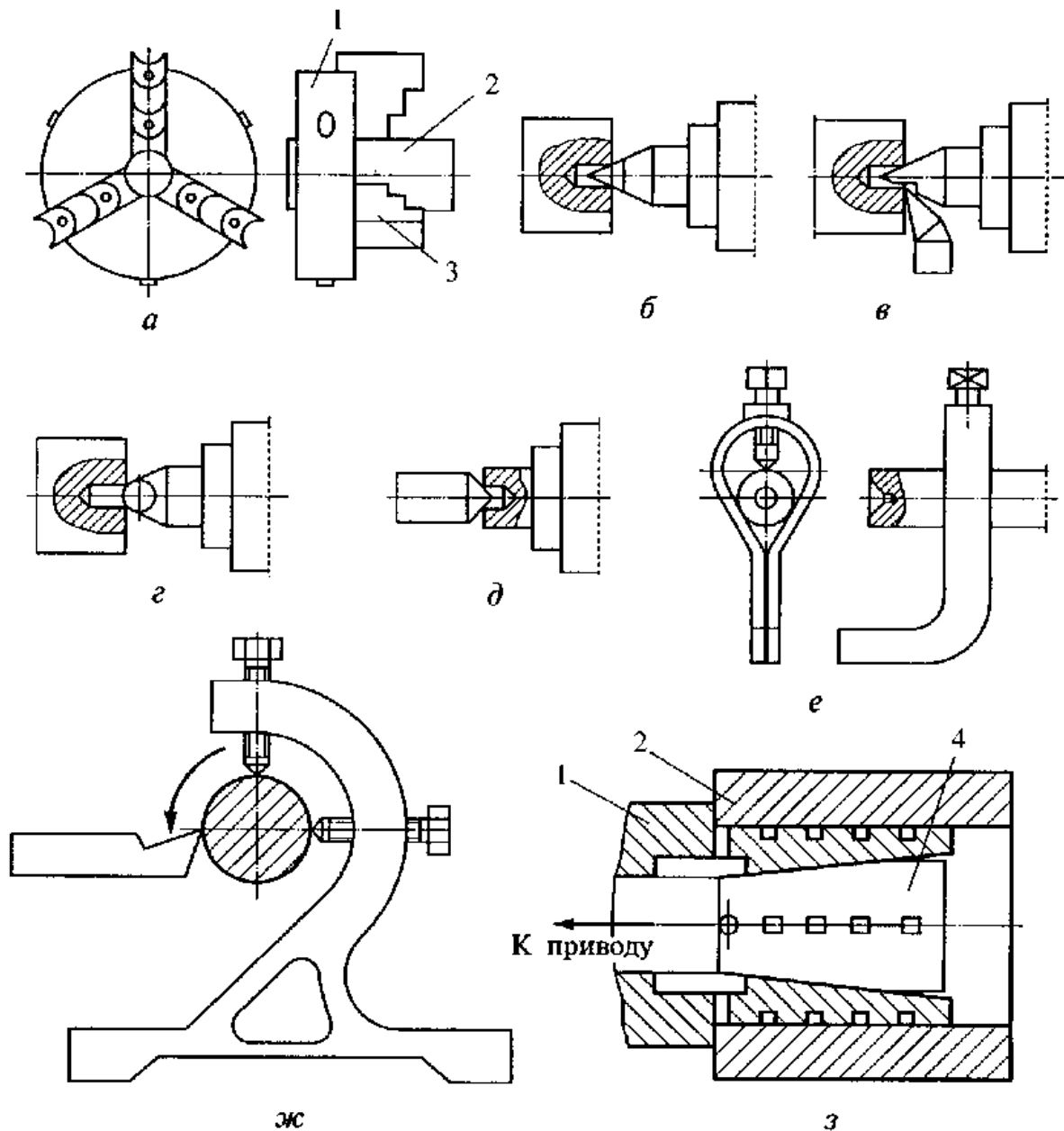


Рисунок 3.7 – Рабочие приспособления, применяемые в токарных станках: *а* – трехкулачковый патрон; *б* – неподвижный центр; *в* – срезанный центр; *г* – шариковый центр; *д* – обратный центр; *е* – хомутик; *ж* – неподвижный люнет; *з* – цанговый патрон; *1* – корпус; *2* – заготовка; *3* – кулачки; *4* – конус

В корпусе патрона размещена коническая зубчатая передача, на торце одного из конических колес выполнена канавка в виде спирали Архимеда. Кулачки также имеют выступы в виде спирали Архимеда. При вращении шестерни кулачки одновременно перемещаются к центру или от центра патрона, что обеспечивает центрирование заготовки 2 относительно оси вращения патрона. При необходимости установки заготовки эксцентрично относительно ее оси вращения применяют четырехкулачковый патрон, в котором каждый кулачок перемещается независимо от остальных. При отношении длины заготовки к ее диаметру от 4 до 10 консольное закрепление

заготовки (только в патроне) не применимо: необходима поддержка второго ее конца. В торце заготовки предварительно просверливают (специальным центровочным сверлом) коническое отверстие, в которое вставляют задний центр (рис. 3.7, б), выполненный с неподвижной или подвижной конусной частью.

Конусная часть неподвижного центра выполняется из легированных сталей или в виде вставки из твердого сплава. Центры с подвижной конусной частью применяют при точении с большими толщинами срезаемого слоя или при больших скоростях резания.

При обработке торца заготовки, установленной в центрах, применяют срезанный центр (рис. 3.7). При обточке конических поверхностей методом смещения задней бабки заготовку устанавливают в шариковом центре (рис. 3.7, в). При обработке некрупных заготовок последнюю устанавливают в обратных центрах (рис. 3.7, д). Часто заготовку базируют в двух центрах. В этом случае заготовку приводят во вращение хомутиком (рис. 3.7, е), который надевают на заготовку, а его загнутый конец упирают в кулачок токарного патрона. При установке переднего центра в токарном патроне коническую часть центра перед обработкой обязательно протачивают. При отношении длины заготовки к ее диаметру больше 10 заготовке необходима третья опора, в качестве которой применяют подвижные или неподвижные люнеты. Неподвижный люнет (рис. 3.7, ж) устанавливают на станине, подвижный – на продольных салазках суппорта. Для обработки заготовок на станках с полуавтоматическим или автоматическим циклом применяют цанговые патроны. На рис. (3.7, з) показан цанговый патрон для базирования и закрепления заготовки по отверстию. Заготовка 2 устанавливается на корпусе 1, имеющем упругие лепестки с внутренним конусом. При осевом перемещении конуса 4 лепестки зажимают заготовку.

Режимы токарной обработки

При обработке заготовки на токарном станке необходимы движения формообразования, т. е. обрабатываемая заготовка и режущий инструмент должны совершать определенные движения. Эти движения подразделяются на основные, служащие для осуществления процесса резания, и вспомогательные, не участвующие непосредственно в процессе резания. Основными являются движения резания (вращение шпинделя станка с закрепленной на нем заготовкой) и подачи (продольное или поперечное перемещение режущего инструмента, жестко закрепленного в резцедержателе станка). Процесс обработки на токарном станке определяется режимом резания.

Скорость резания, v , м/мин – перемещение в единицу времени произвольной точки, взятой на активной части главной режущей кромки, относительно обрабатываемой поверхности заготовки. Так как обрабатываемая поверхность имеет различные диаметры, то скорость резания в различных точках активной части главной режущей кромки является

величиной переменной (рис. 3.8, б). Максимальная скорость резания определяется по формуле:

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}, \quad (3.1)$$

где D – наибольший диаметр обрабатываемой поверхности, мм;

n – частота вращения шпинделя, мин^{-1}

При продольном точении скорость резания имеет постоянную величину на протяжении всего времени резания. При подрезке торца, когда резец движется от периферии заготовки к центру, скорость резания переменна и равна нулю в центре заготовки.

Глубина резания, t , мм – толщина стружки, срезаемой за один проход, измеренная в направлении, перпендикулярном обрабатываемой поверхности (рис. 3.8, а). При наружном продольном точении глубина резания определяется по формуле:

$$t = \frac{D - d}{2}, \quad (3.2)$$

где D – диаметр заготовки, мм;

d – диаметр обработанной поверхности, мм.

При растачивании поверхности детали для определения глубины резания применяют формулу:

$$t = \frac{d - D}{2} \quad (3.3)$$

Подача, S – величина перемещения резца за один оборот детали. При токарной обработке различают обратную подачу S_0 , мм/об, т. е. перемещение режущей кромки инструмента за один оборот заготовки и минутную подачу S , мм/мин, т. е. перемещение за 1 мин. При этом $S = S_0 \cdot n$. Помимо продольной подачи резца (вдоль линии центров станка) различают поперечную подачу (перпендикулярно линии центров) и наклонную (под углом к линии центров).

Значения t , v и S , зависящие от условий обработки, физико-механических характеристик материала заготовки, материала режущей части инструмента, вида обработки, приведены в справочной литературе.

Рациональный выбор режимов резания заключается в определении значений скорости резания, подачи и глубины резания, позволяющих максимально использовать технологические возможности станка и режущего инструмента для получения поверхности с высокой точностью геометрических размеров и формы и малой шероховатостью.

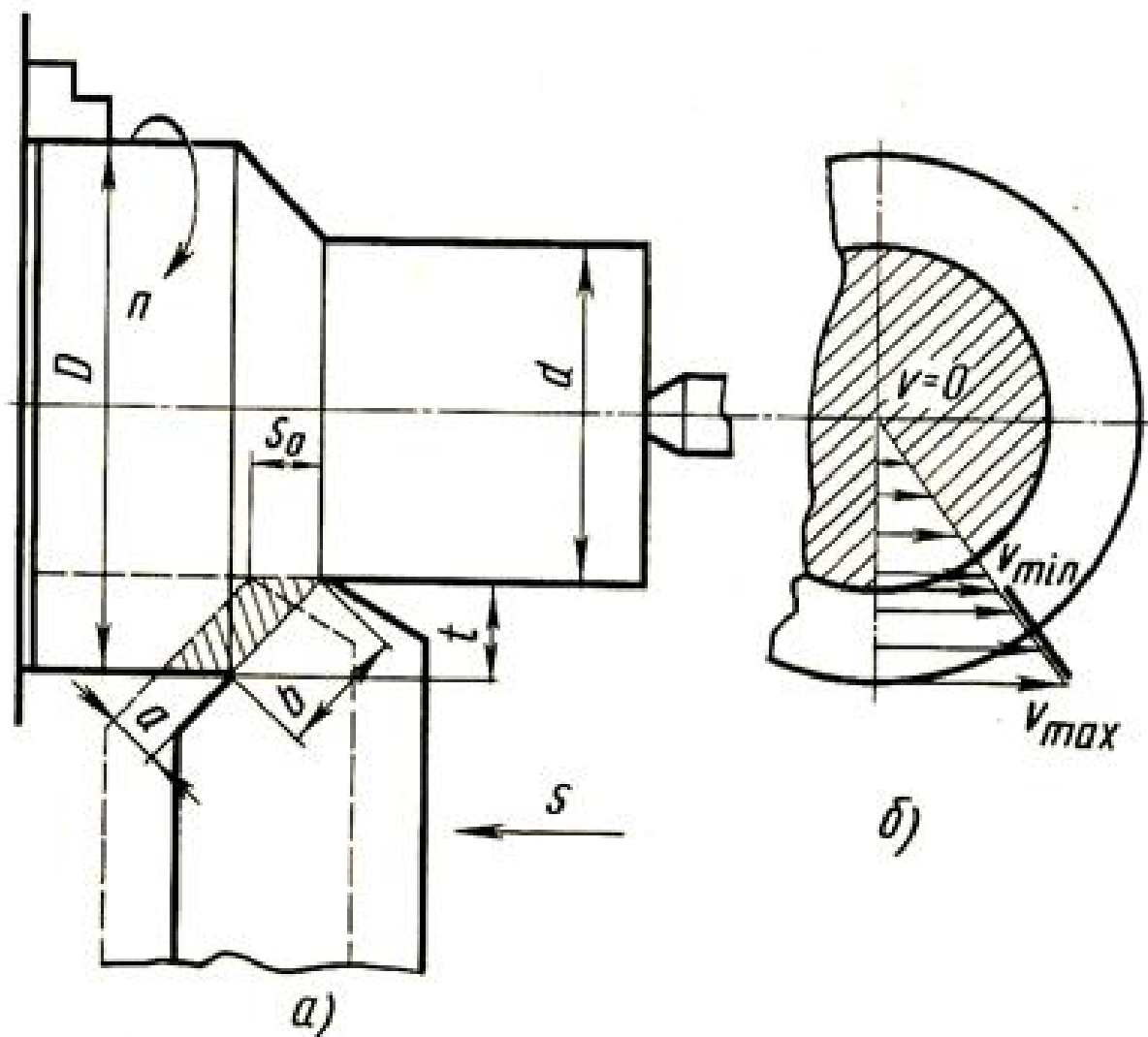


Рисунок 3.8 – (а) Элементы режима резания при точении:
 D – наибольший диаметр, обрабатываемой поверхности, мм; d – диаметр обработанной поверхности, мм; n – частота вращения шпинделя, об/мин;
 S_0 – величина продольной подачи резца за один оборот детали, мм/об;
 S – направление подачи резца; a, b – длина и ширина срезаемого участка детали за один оборот резца, мм; t – глубина резания, мм: б) распределение максимальной V_{max} и минимальной V_{min} скорости резания по глубине резания, м/мин

Режимы резания обычно выбираются в следующем порядке:

1. Вначале устанавливается такая глубина резания в соответствии с припуском на обработку, которая может быть за наименьшее число рабочих ходов.
2. Затем определяется подача с учетом прочности механизма подачи и жесткости заготовки (для черновой обработки), а также требуемой шероховатости поверхности, геометрии инструмента и материала заготовки (для чистовой обработки).

3. Далее устанавливается допустимая скорость резания с учетом выбранных глубины резания и подачи, а также мощности станка, материала заготовки, геометрии и стойкости инструмента.

4. Наконец, рассчитывается частота вращения шпинделя по формуле 3.1. и устанавливается на коробке скоростей станка. Причем, если ее величина не совпадает с паспортными данными станка, то выбирается ближайшее, но меньшее по величине значение частоты вращения.

При определении режимов обработки следует использовать специальные справочные таблицы для определения глубины резания, подачи и скорости резания.

3.3. Стругание и долбление

Стругание и долбление – ЛОР открытых плоских и фасонных, наружных и внутренних поверхностей; главное движение – прямолинейное, возвратно-поступательное D_p , придается режущему инструменту; движение подачи D_s – дискретное, прямолинейное или криволинейное, придается заготовке в конце обратного хода инструмента. При стругании (рис. 3.9, а) главное движение придается инструменту в горизонтальной плоскости, а при долблении (рис. 3.9. б) – в вертикальной плоскости.

Процесс резания при стругании или долблении – прерывистый, и удаление материала происходит только при прямом (рабочем) ходе инструмента. При обратном (холостом) ходе резец не снимает стружку.

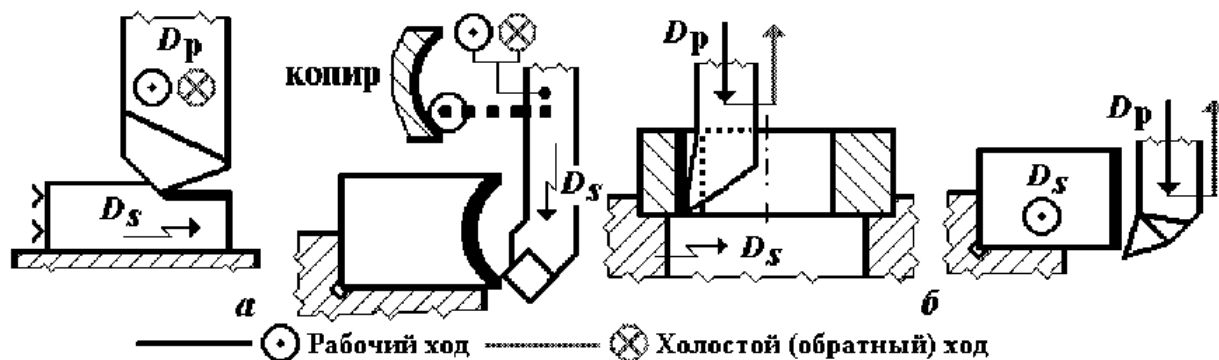


Рисунок 3.9 – Основные технологические схемы стругания наружных поверхностей:

а – стругание; б – долбление

Холостой ход обеспечивает охлаждение инструмента. Прерывистый процесс резания определяет высокие динамические нагрузки на технологическую систему СПИД, ударное врезание инструмента в материал заготовки. Поэтому при стругании не применяют высоких скоростей резания и применяют массивные быстрорежущие инструменты. Наличие холостых ходов определяет низкую производительность обработки.

Инструмент для строгальных и долбежных работ

Инструмент (резец) закрепляется непосредственно в резцедержателе станка без дополнительных приспособлений.

Для предупреждения заклинивания резца при строгании его рекомендуется изготавливать изогнутым (рис. 3.10, б). При прямом стержне (рис. 3.10, а) сила резания изгибает резец относительно точки О, что приводит к его заклиниванию. При изогнутом стержне заклинивание существенно уменьшается, а если вершина резца находится в опорной плоскости, то заклинивания вообще не будет происходить.

Режущий строгальный и долбежный инструмент изготавливается двух типов: резцы строгальные (проходные, прорезные и фасонные); долбяки (проходные, для шпоночных пазов и специальные).

Инструмент для строгальных и долбежных работ изготавливается из быстрорежущих сталей марок Р12 и Р6М3, а для труднообрабатываемых материалов применяются резцы из быстрорежущих сталей марок Р6М4К8Ф, Р9К10 или оснащенных пластинами сплавов марок ВК6, ВК8, Т5К10, Т15К6.

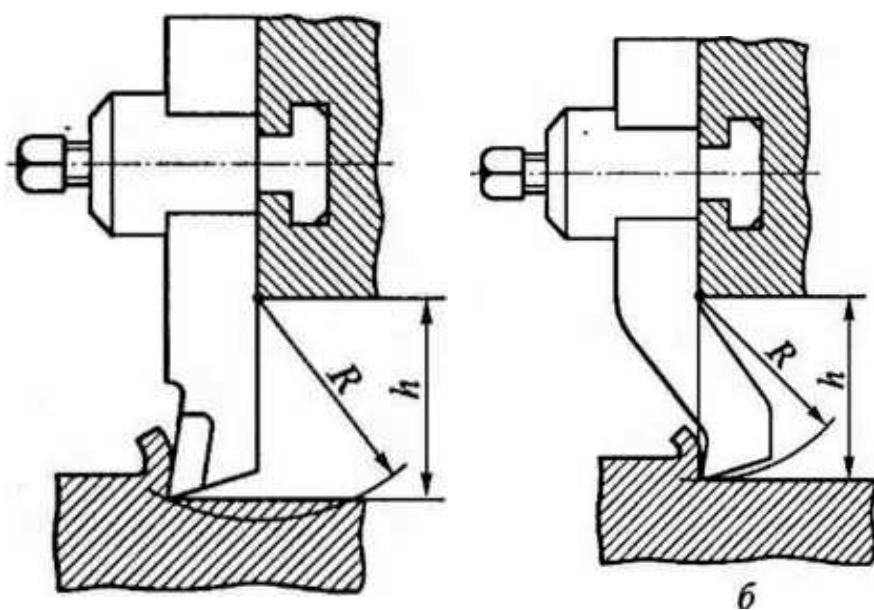


Рисунок 3.10 – Крепление строгального резца:

a – с прямым стержнем; *б* – с изогнутым стержнем; *R* – радиус изгиба резца;
h – высота вылета резца

Номенклатура строгальных резцов представлена на рисунке 3.11.

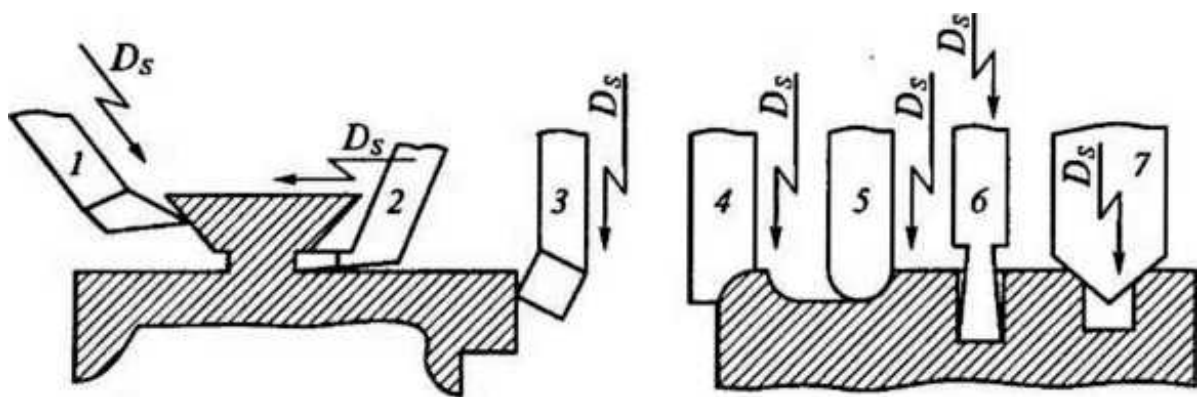


Рисунок 3.11 – Конструкции строгальных резцов:

1, 3, 7 – проходные; 2, 6 – прорезные; 4, 5 – фасонные; D_s – направление подачи

Геометрические параметры строгальных резцов те же, что и у токарных. Различие состоит в том, что основная плоскость у строгальных резцов располагается вертикально, а плоскость резания – горизонтально. Наиболее важным геометрическим параметром для строгальных резцов является угол наклона режущей кромки X . Он обеспечивает сохранность вершины режущей кромки, уменьшает ударные нагрузки на резец и обеспечивает плавность входа резца в материал заготовки [5].

В связи с тем, что строгальные резцы при работе испытывают ударные нагрузки, передний угол у них на $5-10^\circ$ меньше, чем у токарных. В зависимости от твердости обрабатываемого материала передний угол у строгальных резцов, оснащенных пластинами твердого сплава, выбирается в пределах от 0 до -15° . Задний угол у строгальных резцов составляет от 8 до 15° , а главный угол в плане – от 30 до 75° .

Устройство строгальных и долбежных станков

Поперечно-строгальные станки (рис. 3.12, а) применяются в единичном и серийном производстве машиностроительных заводов. На них обрабатываются заготовки с длиной обработки не более 1000 мм. На фундаментной плите 6 установлена станина 7.

По вертикальным направляющим станины перемещается траверса 5 с горизонтальными направляющими, на которых консольно установлен стол 3. На столе устанавливается заготовка или рабочие приспособления. Вертикальные перемещения стола осуществляются домкратом 8. На верхнем торце станины выполнены горизонтальные направляющие, по которым перемещается ползун 4. На переднем торце ползуна выполнены вертикальные направляющие, по которым перемещается вертикальный суппорт 2 с качающейся плитой 1 и резцедержателем. Вертикальный суппорт можно поворачивать вокруг горизонтальной оси для строгания наклонных плоскостей.

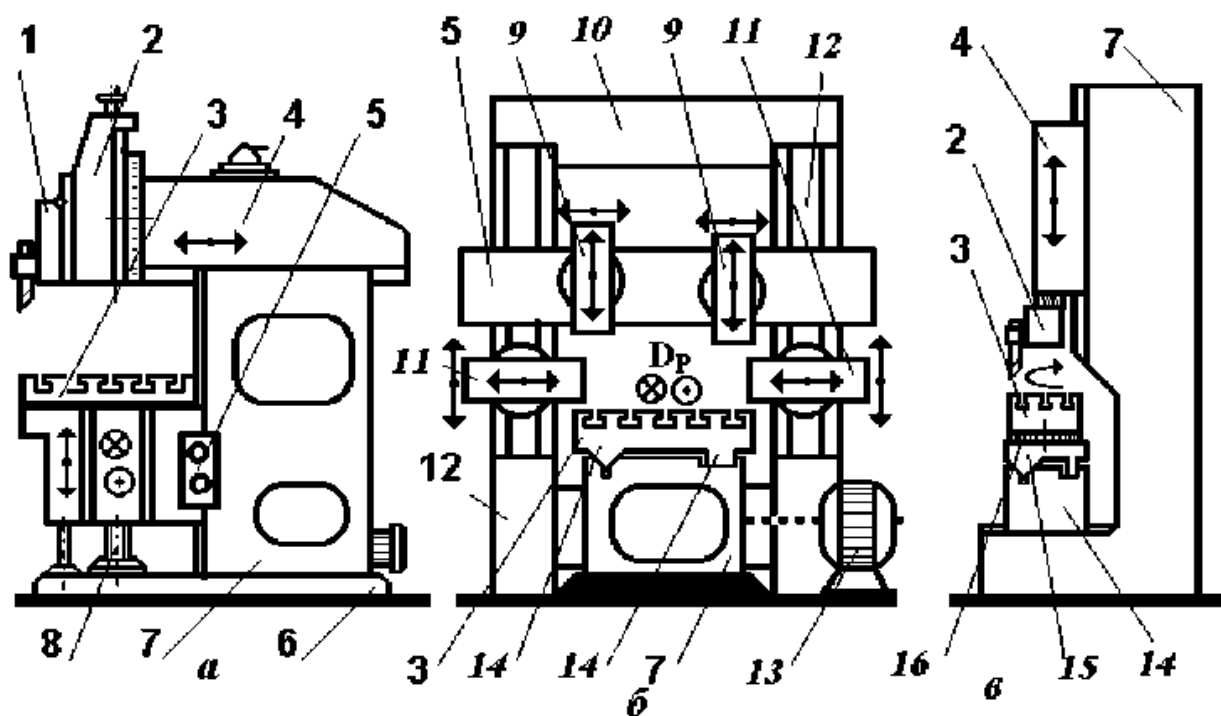


Рисунок 3.12 – Станки строгальной группы:

a – поперечно-строгальный станок; *б* – продольно-строгальный станок; *в* – долбежный станок: 1 – качающаяся плита; 2 – суппорт; 3 – стол; 4 – ползун; 5 – траверса; 6 – фундаментная плита; 7 – станина; 8 – домкрат; 9 – вертикальные суппорты; 10 – поперечина; 11 – боковые суппорты; 12 – стойки; 13 – главный электродвигатель; 14 – поперечные салазки; 15 – продольные салазки; 16 – поворотные салазки; стрелками указаны перемещения элементов станка

На продольно-строгальных станках (рис. 3.12, *б*) обрабатывают крупные, тяжелые заготовки. Ход стола у этих станков 1,5–12 м, ширина строгания 0,7–4 м. Продольно-строгальные станки подразделяются на одно- и двухстоечные. Вдоль станины 7 двухстоечного станка расположены направляющие 14 (левая – К-образная, правая – плоская). По направляющим перемещается стол 3, на котором устанавливают заготовки. Стол приводится в движение от собственного электродвигателя постоянного тока 13, что позволяет бесступенчато регулировать скорости прямого и обратного ходов. Портал станка состоит из левой и правой стоек 12. Стойки соединены сверху поперечиной 10. По вертикальным направляющим стоек перемещается траверса 5 и каретки боковых суппортов 11. На траверсе размещены левый и правый вертикальные суппорты 9. Каждый суппорт снабжен собственной коробкой подач. Все суппорты могут перемещаться в вертикальном и горизонтальном направлениях и могут быть повернуты в вертикальной плоскости на угол до 60°. На горизонтальных направляющих станины 7 долбежного станка (рис. 3.12, *в*) установлены поперечные 14, продольные 15 и поворотные 16 салазки с рабочим столом 3. По вертикальным направляющим станины перемещается ползун 4 с суппортом 2 и резцедержателем.

Приспособления для строгальной и долбежной обработки

При обработке на строгальных станках заготовки или закрепляются непосредственно на столе станка (на горизонтальной или вертикальной поверхности) при помощи прижимов, закрепляемых болтами в Т-образных пазах стола, или используются универсальные приспособления, например, машинные тиски или магнитные плиты.

Режимы резания при строгании

Процесс резания при строгании характеризуется скоростью резания, подачей и глубиной резания (рис. 3.13).

Скорость резания, V при строгании измеряется в метрах в секунду (м/с). Величина скорости резания выбирается в пределах от 0,1 до 0,6 м/с. Наладка станка осуществляется не по скорости резания, а по количеству двойных ходов в минуту.

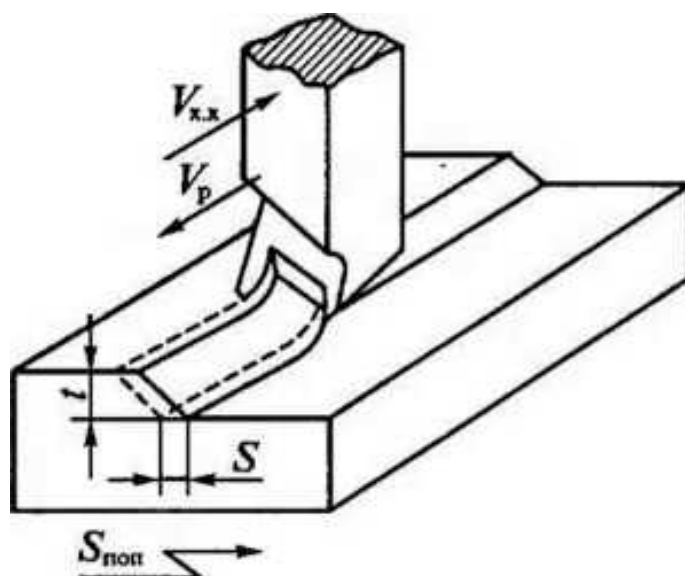


Рисунок 3.13 – Режимы резания при строгании:

V_p – направление линейной скорости рабочего хода резца; $V_{к.к.}$ – направление линейной скорости холостого хода резца; S – подача стола; $S_{поп}$ – направление поперечной подачи стола; t – глубина резания

Скорость резания при строгании ограничивается условиями обработки, т. е. твердостью обрабатываемого материала, характеристиками материала инструмента и жесткостью (способностью сопротивляться внешним деформирующим усилиям) системы станок–приспособление–инструмент–заготовка.

Подача, S при строгании определяется в миллиметрах на двойной ход резца (рабочий ход и возвращение в исходное положение). Величина подачи

выбирается в зависимости от материала обрабатываемой заготовки, материала инструмента и требований, предъявляемых к качеству обработанной поверхности по точности и шероховатости [5].

Глубина резания, t в значительной степени зависит от припуска на обработку. Величину слоя металла, равного припуску, рекомендуется удалять, как правило, за один проход, что не всегда возможно, поэтому глубина резания выбирается с учетом технологических возможностей станка. Так как глубина резания существенно влияет на силу резания, которая, в свою очередь, является основной составляющей по потреблению мощности станка, необходимо стремиться к максимальному ее снижению. Кроме того, сила резания влияет на точность и шероховатость обработанной поверхности. Исходя из этого глубину резания следует выбирать таким образом, чтобы обеспечить необходимые параметры обрабатываемой поверхности и полностью реализовать технологические возможности станка по его мощности. Поэтому припуск при обработке заготовок на строгальных станках разделяется на несколько проходов для обеспечения заданных размеров и качества обработки. Глубина резания в зависимости от вида обработки выбирается обычно в пределах: для черновой и получистовой обработки – от 1,0 до 2,0 мм, а при чистовой – 0,2–1,0 мм [4].

Помимо рационального определения режимов обработки, весьма важным является правильное определение величины врезания и перебега инструмента при обработке заготовок.

Врезание – это расстояние, на которое отходит резец от заготовки при его обратном ходе, т. е. расстояние между режущей кромкой инструмента и задней поверхностью заготовки. Оно не должно быть более $2/3$ высоты головки резца.

Перебег – это расстояние, на которое резец выходит за пределы заготовки в конце его рабочего хода; оно также не должно превышать $2/3$ высоты резца.

3.4. Протягивание

Протягивание – ЛОР открытых, плоских и фасонных, внутренних и наружных поверхностей с линейной образующей; главное движение – прямолинейное или круговое, придается режущему инструменту; движение подачи отсутствует, возобновление процесса резания обеспечивается подъемом на зуб (S_z). Подъем на зуб – превышение по высоте или по ширине размера режущей части последующих зубьев над предыдущими. По характеру движения режущего инструмента различают: протягивание (рис. 3.14, *a*) – инструмент вытягивается из отверстия и прошивание (рис. 3.14, *б*) – инструмент проталкивается в отверстие.

Протягивание – высокопроизводительный процесс обработки наружных и внутренних поверхностей, обеспечивающий высокую точность формы и размеров обработанной поверхности. При протягивании профиль обработанной поверхности копируется профилем режущих зубьев. Поэтому протяжки – узкоспециальный инструмент, применяемый для обработки поверхностей со

строго заданными формой и размерами.

По характеру обработанной поверхности различают внутренние и наружные протяжки. Внутренние протяжки предназначены для обработки круглых, квадратных, многогранных и шлицевых отверстий, а также шпоночных и других фигурных пазов. Наружные протяжки предназначены для обработки наружных поверхностей, пазов, уступов.

Цилиндрические отверстия обрабатывают протяжками или прошивками после сверления, растачивания, зенкерования, а также отверстий, полученных на стадии заготовительных операций. При обработке отверстия цилиндрической протяжкой 2 (рис. 3.14, а) заготовку 3 устанавливают на сферическую опору 1 (плавающая протяжка) или на плоскую опору.

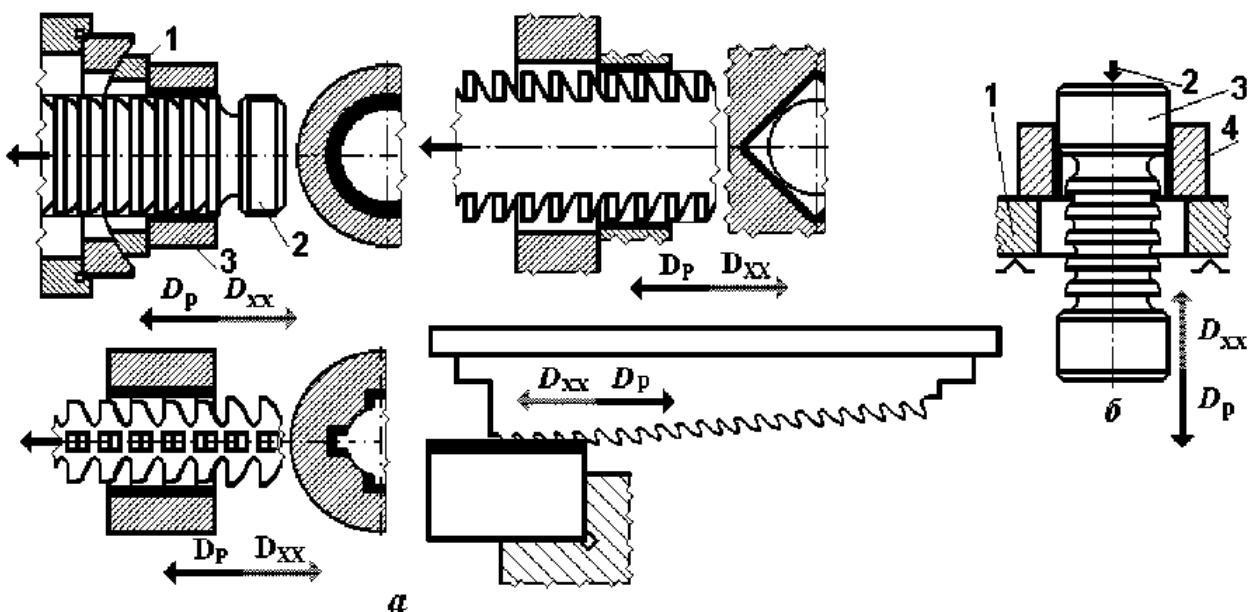


Рисунок 3.14 – Основные технологические схемы протягивания:
 а – протягивание: 1 – плавающая опора; 2 – протяжка; 3 – заготовка;
 б – прошивание: 1 – стол; 2 – шток поршня; 3 – прошивка; 4 – заготовка;
 D_p – направление движения режущего инструмента; D_{xx} – направление
 обратного хода инструмента

При установке на сферическую опору заготовка самоустанавливается по оси протяжки, но торец может получиться неперпендикулярным оси отверстия. Такую установку применяют, если торец заготовки обрабатывается после протягивания. При установке на плоскую опору торец перпендикулярен оси отверстия, но возможна поломка протяжки из-за разницы припусков в диаметральной плоскости протяжки. При обработке многогранных или шлицевых отверстий применяют специальные многогранные и шлицевые протяжки.

При прошивании инструмент-прошивка 3 (рис. 3.14, б) проталкивается в отверстие заготовки 4 поршнем 2 прессы. Заготовка устанавливается на стол 1

пресса. Так как прошивка работает на сжатие, то длина ее ограничена ($L/D < 15$). Поэтому прошивки обычно применяются для получистой правки цилиндрических отверстий.

Инструмент для протягивания поверхностей

Круглая протяжка (рис. 3.15) состоит из следующих элементов. Замковая часть *1* (хвостовик) служит для закрепления протяжки в патроне тягового устройства станка; шейка *2* – соединительная поверхность.

Направляющий конус *3* и передняя направляющая часть *4* служат для центрирования заготовки в начале резания. Режущая часть *5* состоит из режущих зубьев, высота или ширина которых увеличиваются на высоту срезаемого слоя, и служит для срезания основной доли припуска.

Для облегчения образования стружки на режущих зубьях в шахматном порядке выполняются стружколомные канавки. Калибрующая часть *6* предназначена для придания обработанной поверхности окончательной формы, необходимой точности и шероховатости. Она состоит из калибрующих зубьев, форма и размеры которых соответствуют форме и размерам обработанной поверхности. Задняя направляющая часть *7* необходима для поддержания протяжки при выходе ее из обработанного отверстия.

Круговая протяжка (рис. 3.16) – сложный специальный инструмент, предназначенный для наружного протягивания фасонных поверхностей (обычно для нарезания зубчатых венцов). На образующей вращающегося корпуса *9* болтами *10* закреплены блоки *8* с черновыми режущими зубьями. По направляющим паза корпуса перемещается подвижный элемент *5*, на образующей которого размещены блоки *6* с чистовыми (профилирующими) зубьями. Между последним чистовым и первым черновым зубьями находится свободный сектор *7*, необходимый для подвода (отвода) протяжки в зону резания (и из нее) и для делительного поворота заготовки при нарезании зубчатого венца. Корпус *9* протяжки крепится к инструментальному шпинделю станка *1* болтами *12*.

Прямолинейное перемещение чистовых зубьев относительно заготовки обеспечивается суммированием вращательного движения корпуса протяжки и возвратно-поступательного перемещения подвижного элемента. Последнее достигается взаимодействием следящих роликов *3* с копиром *13*, установленным на станине *2* станка. Следящие ролики, прижимаемые к копиру пружиной *11*, установлены под каждым чистовым зубом.

Прошивка *3* (рис. 3.17) проталкивается в отверстие заготовки *4* штоком поршня *2* пресса. Заготовка устанавливается на столе *1* пресса. Поскольку прошивка работает на сжатие, ее длина ограничена (не более 15 диаметров), поэтому прошивки обычно применяются для получистой правки цилиндрических отверстий.

Черновые и чистовые зубья протяжек имеют различную геометрию. Черновые зубья (см. рис. 3.15, сечение А-А) выполняются острозаточенными. Задний угол для внутренних протяжек равен 3° , для наружных – $3-8^\circ$.

Передний угол выбирается в зависимости от свойств обрабатываемого материала в пределах $10\text{--}20^\circ$. Шаг между зубьями выбирается из требования одновременности работы не менее трех зубьев. Подъем на зуб – $0,06\text{--}0,3\text{ мм/зуб}$ [4].

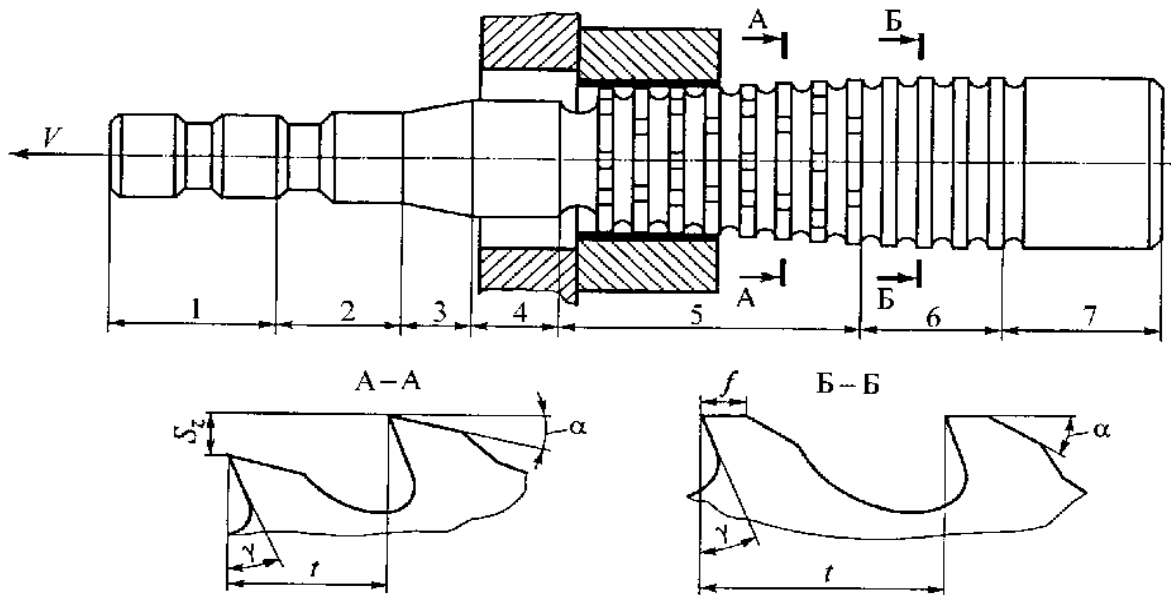


Рисунок 3.15 – Круглая протяжка:

1 – замковая часть; 2 – шейка; 3 – направляющий конус; 4, 7 – передняя и задняя направляющие части соответственно; 5 – режущая часть (режущие зубья); 6 – калибрующая часть (калибрующие или чистовые зубья); V – движение резания; f – ленточка; S_z – подъем на зуб; t – шаг между зубьями; α , γ – главные задний и передний углы соответственно

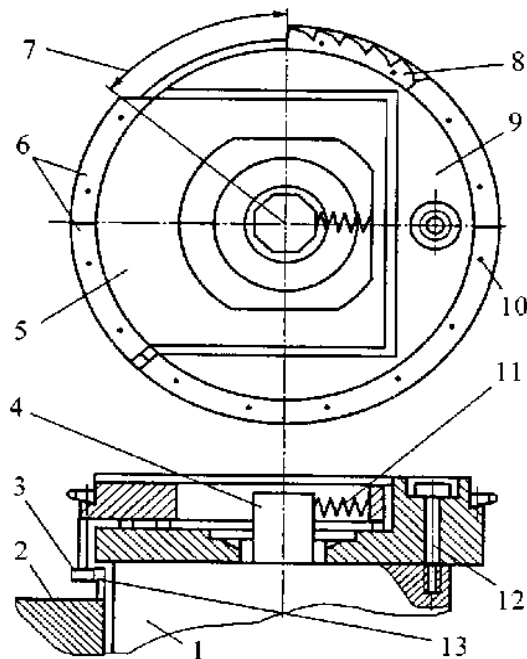


Рисунок 3.16 – Круговая протяжка:

1 – инструментальный шпиндель; 2 – станина; 3 – следящие ролики; 4 – упор; 5 – подвижный элемент; 6, 8 – резцовые блоки; 7 – свободный сектор; 9 – корпус; 10, 12 – болты; 11 – пружина; 13 – копир

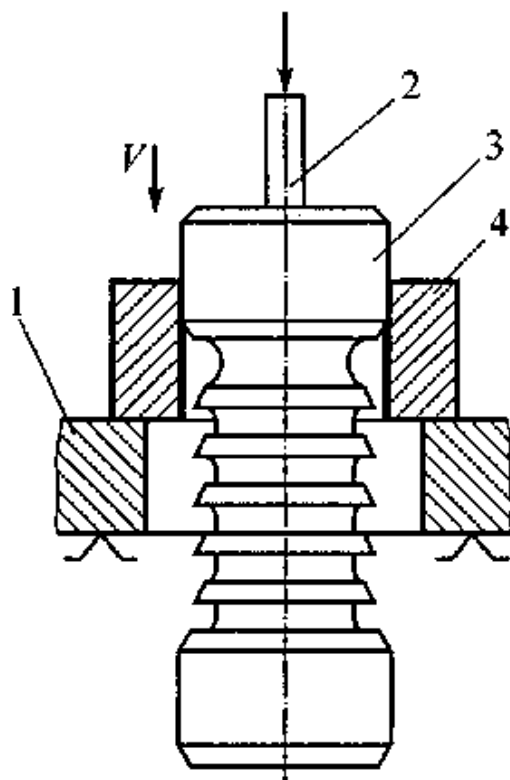


Рисунок 3.17 – Прошивание:

1 – стол; 2 – шток поршня; 3 – прошивка; 4 – заготовка; V – движение резания

Протягивание – процесс прерывистый. Необходимо возвратно-поступательное движение исполнительного механизма главного движения. Прямой ход – рабочее движение, обратный ход – холостой ход. Инерция масс исполнительного механизма главного движения не позволяет работать на высоких скоростях резания. Обычно принимают скорость резания в пределах от 8 до 15 м/мин.

Устройство протяжных станков

Протяжные станки отличаются простотой конструкции и большой жесткостью, что объясняется тем, что в станках отсутствует цепь движения подачи. Основной характеристикой протяжного станка является тяговое усилие на штоке и ход штока рабочего цилиндра.

Горизонтально-протяжной станок (рис. 3.18, а) предназначен для протягивания внутренних поверхностей. На станине 1 размещены: гидроцилиндр 3 и насосная станция 2. На переднем конце штока 4 установлен захват 5 с кареткой 7. Каретка перемещается по направляющим станины. Протяжка устанавливается в захвате и протаскивается сквозь отверстие в заготовке. Заготовка при этом опирается торцом на опорную поверхность кронштейна 6. Поступательное движение протяжке сообщается до тех пор, пока она не выйдет из отверстия в заготовке. Заготовка падает в поддон 8. Протяжка возвращается в исходное положение и процесс повторяется.

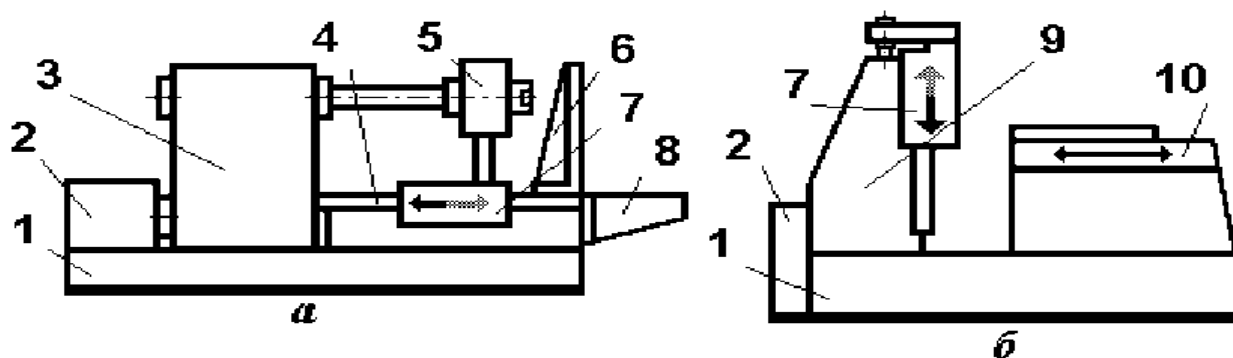


Рисунок 3.18 – Станки протяжной группы:

a – горизонтально-протяжной; *б* – вертикально-протяжной: 1 – станина; 2 – насосная станция; 3 – гидроцилиндр; 4 – шток; 5 – захват; 6 – кронштейн; 7 – каретка; 8 – поддон; 9 – вертикальная колонна; 10 – стол; стрелками указано перемещение элементов станка

Вертикально-протяжной станок (рис. 3.18, *б*) предназначен для обработки наружных поверхностей. На станине 1 установлена вертикальная колонна 9 с рабочим гидроцилиндром, насосной станцией 2 и кареткой 7. На левом конце станины установлен стол 10. Заготовку устанавливают в рабочем приспособлении.

3.5. Сверление отверстий

Сверление – ЛОР цилиндрических отверстий с прямолинейной образующей; главное движение – вращательное, придается инструменту; движение подачи – прямолинейное, придается инструменту вдоль оси его вращения.

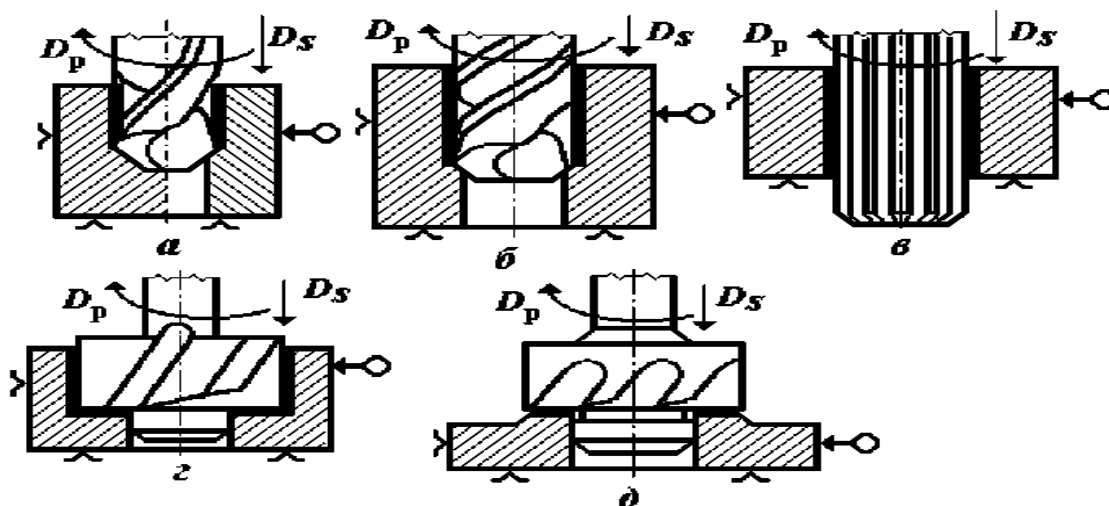


Рисунок 3.19 – Основные технологические схемы сверления:

a – сверление и рассверливание; *б* – зенкерование; *в* – развертывание; *д* – зенкование; *д* – цекование; D_p – направление линейной скорости сверла; D_s – направление подачи сверла

В зависимости от вида обработанной и обрабатываемой поверхностей и в зависимости от качества обработанной поверхности различают: сверление и рассверливание (рис. 3.19, *а*), зенкерование (рис. 3.19, *б*), развертывание (рис. 3.19, *в*), зенкование (рис. 3.19, *г*), и цекование (рис. 3.19, *д*). Сверлением получают сквозные и глухие отверстия. Рассверливанием увеличивают диаметр ранее просверленного отверстия. Зенкерованием также увеличивают диаметр отверстия, но, по сравнению с рассверливанием, зенкерование позволяет получить большую точность и производительность обработки. Зенкерованием можно обрабатывать отверстия, полученные в заготовке литьем или давлением. Развертывание – чистовая операция, обеспечивающая высокую точность отверстия. Развертыванием обрабатывают цилиндрические и конические отверстия после зенкерования или растачивания. Зенкованием обрабатывают цилиндрические и конические углубления под головки болтов и винтов. Для обеспечения перпендикулярности и соосности обработанной поверхности основному отверстию, режущий инструмент (зенковку) снабжают направляющим цилиндром. Цекованием обрабатывают торцевые опорные плоскости для головок болтов, винтов и гаек. Перпендикулярность обработанной торцевой поверхности основному отверстию обеспечивает направляющий цилиндр режущего инструмента (цековки).

Инструмент для сверлильных работ

Рабочим инструментом при выполнении операций на сверлильных станках являются: сверла, зенкеры, зенковки, цековки. Более подробно конструкция и принцип действия указанного инструмента описан в разделе 2 настоящего пособия.

Приспособления для установки инструментов при сверлении

Все стержневые режущие инструменты – сверла, зенкеры, зенковки, развертки – соединяются с устройствами, придающими им вращательное движение, при помощи специальных присоединительных приспособлений, конструкция которых зависит от формы хвостовика инструмента (конической или цилиндрической).

Для установки и крепления инструментов с цилиндрическим хвостовиком применяются патроны, а установку инструментов с коническим хвостовиком производят непосредственно в шпинделе оборудования, если размер (номер конуса Морзе) хвостовика инструмента совпадает с размером конического отверстия шпинделя. Если же размер хвостовика инструмента меньше размера конического отверстия шпинделя, то используются переходные втулки.

Устройство сверлильных станков

В единичном и мелкосерийном производстве применяются вертикально-сверлильные станки (рис. 3.20, *а*). На фундаментной плите 9 станка

смонтирована колонна 8. По вертикальным направляющим колонны перемещаются стол 2 и сверлильная головка 4. Установочные перемещения стола осуществляются вручную с помощью винтового домкрата 1. На верхней плоскости стола устанавливаются рабочие приспособления или заготовка.

Установочные вертикальные перемещения сверлильной головки осуществляются вручную за счет системы противовесов 7, прикрепленных к сверлильной головке тросом, перекинутым через блок 6. Вращательное движение инструменту передается от электродвигателя 5, через коробку скоростей и шпиндель 3. Механизмы главного движения и движения подачи размещены внутри сверлильной головки.

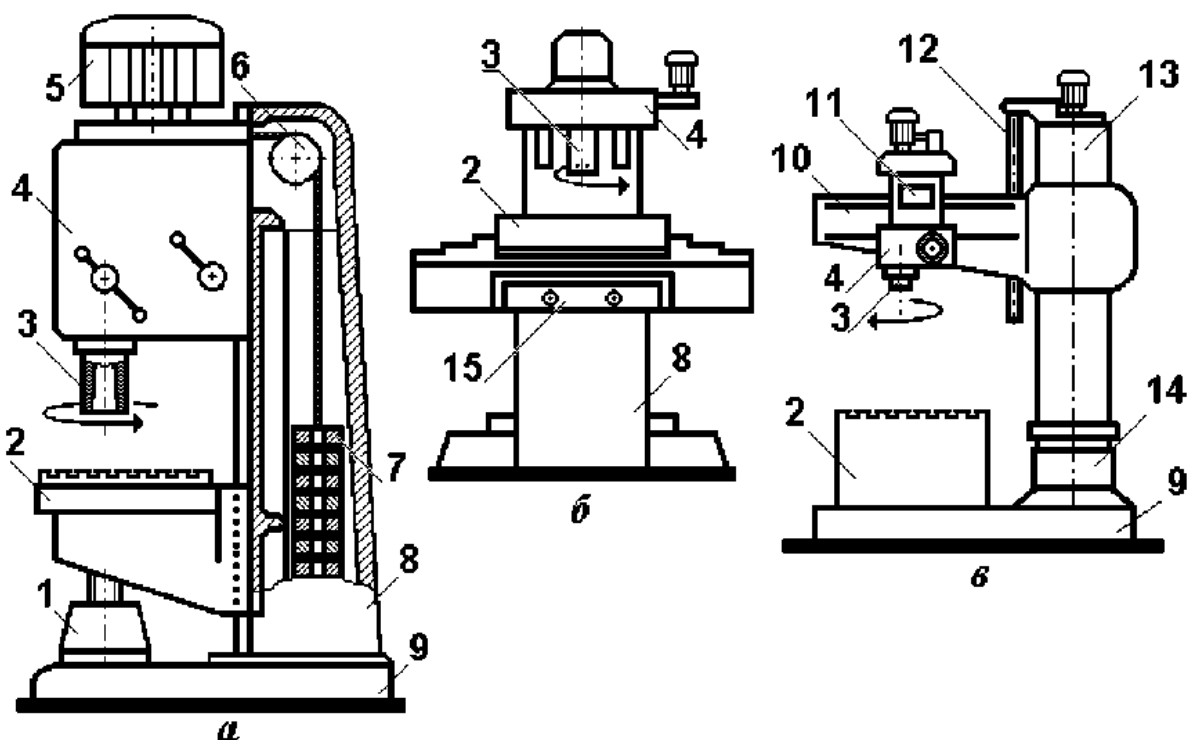


Рисунок 3.20 – Станки сверлильной группы:

а – вертикально-сверлильный станок; *б* – вертикально-сверлильный станок с ЧПУ; *в* – радиально-сверлильный станок: 1 – домкрат; 2 – стол; 3 – шпиндель; 4 – сверлильная головка; 5 – электродвигатель; 6 – блок; 7 – противовесы; 8 – вертикальная станина (колонна); 9 – фундаментная плита; 10 – траверса; 11 – коробка скоростей; 12 – винтовой механизм; 13 – гильза; 14 – тумба; 15 – салазки

В индивидуальном и серийном производстве широко применяют вертикально-сверлильные станки с числовым программным управлением (ЧПУ) (рис. 3.20, б). По вертикальным направляющим станины 8 перемещаются салазки 15. Стол 2 перемещается по горизонтальным направляющим салазок. Перемещения стола и салазок осуществляются по

программе, что обеспечивает точное перемещение заготовки относительно режущего инструмента. По направляющим вертикальной части станины (стойки) перемещается сверлильная головка 4 со шпинделями 3. Внутри сверлильной головки размещены механизмы главного движения и движения подачи.

При последовательной обработке нескольких отверстий в массивных или крупногабаритных заготовках применение вертикально-сверлильных станков крайне неудобно, т. к. практически невозможно точно совместить ось вращения режущего инструмента с осью обрабатываемого отверстия. Поэтому при обработке таких заготовок применяются радиально-сверлильные станки (рис. 3.20, в). При работе на радиально-сверлильных станках заготовка остается неподвижной, а шпиндель с инструментом перемещается относительно заготовки и может устанавливаться в требуемой точке горизонтальной плоскости. На фундаментной плите 9 закреплена тумба 14 с вертикальной колонной. На колонне установлена гильза 13. Гильза имеет возможность поворота относительно колонны в горизонтальной плоскости на 360° . Траверса 10 закреплена на гильзе с возможностью вертикального перемещения относительно колонны с помощью винтового механизма 12. На траверсе имеются горизонтальные направляющие, по которым перемещается сверлильная головка 4. Механизм сверлильной головки состоит из шпинделя 3, коробки скоростей 11 и коробки подачи. Заготовка устанавливается неподвижно на стол 2. Угловые перемещения траверсы и радиальные перемещения сверлильной головки в горизонтальной плоскости позволяют точно установить режущий инструмент относительно оси обрабатываемого отверстия.

Приспособления для установки и крепления заготовок

Для правильной установки и закрепления заготовок используются различные приспособления, выбор которых в значительной степени зависит от того, какое оборудование применяется при обработке отверстий.

При обработке отверстий на сверлильных станках всех типов (настоельных, вертикальных или радиальных) используются различные приспособления.

Наиболее распространенными являются машинные тиски различных конструкций, призмы, упоры, угольники, кондукторы и целый ряд других специальных приспособлений.

Прихваты, призмы и угольники (рис. 3.21) широко применяются из-за простоты конструкции и универсальности. Если конструкция призм и прихватов достаточно проста и технология их применения вполне ясна из рисунка, то угольники могут иметь разные конструкции: жесткие и регулируемые. Жесткие угольники (рис. 3.22, а) имеют две полки, расположенные под углом 90° , что позволяет закреплять для обработки детали, у которых базовая поверхность и ось отверстия расположены под прямым углом. У регулируемых угольников (рис. 3.22, б) одна из полок может изменять свое положение относительно другой в пределах от 0 до 90° .

Эта особенность регулируемого угольника позволяет обрабатывать отверстия, ось которых расположена под углом к базовой поверхности, отличным от 90° [5].

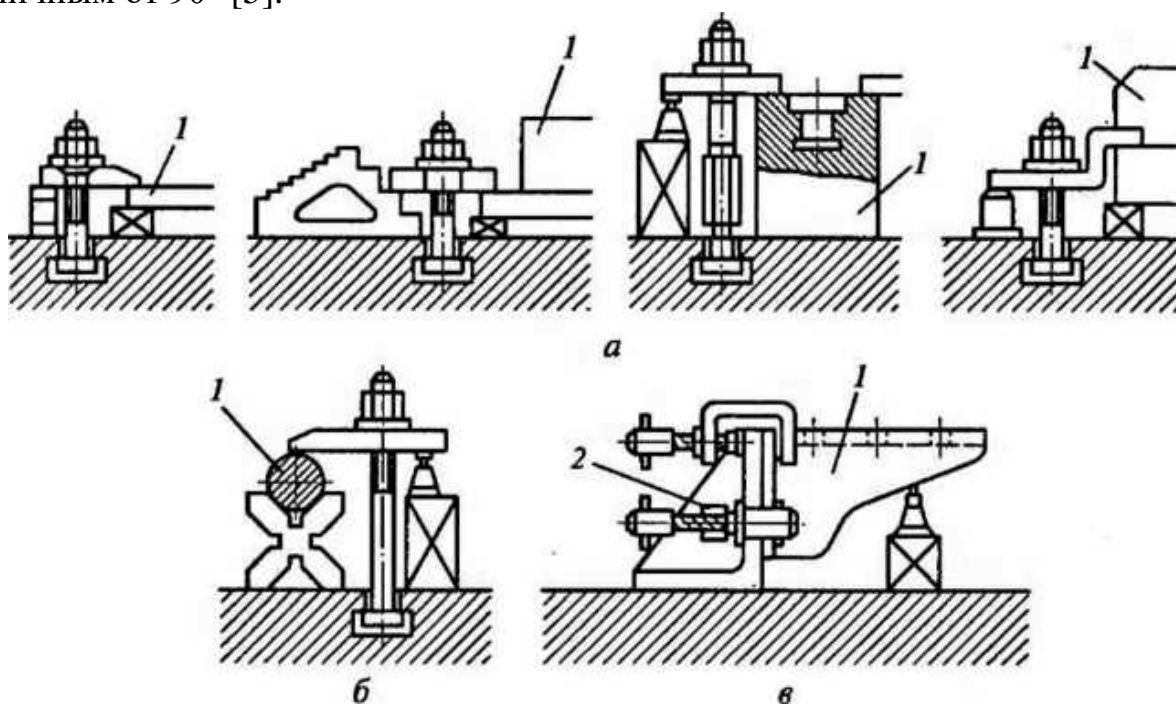


Рисунок 3.21 – Прихваты (а); призмы (б); угольники (в):
1 – заготовка; 2 – винт

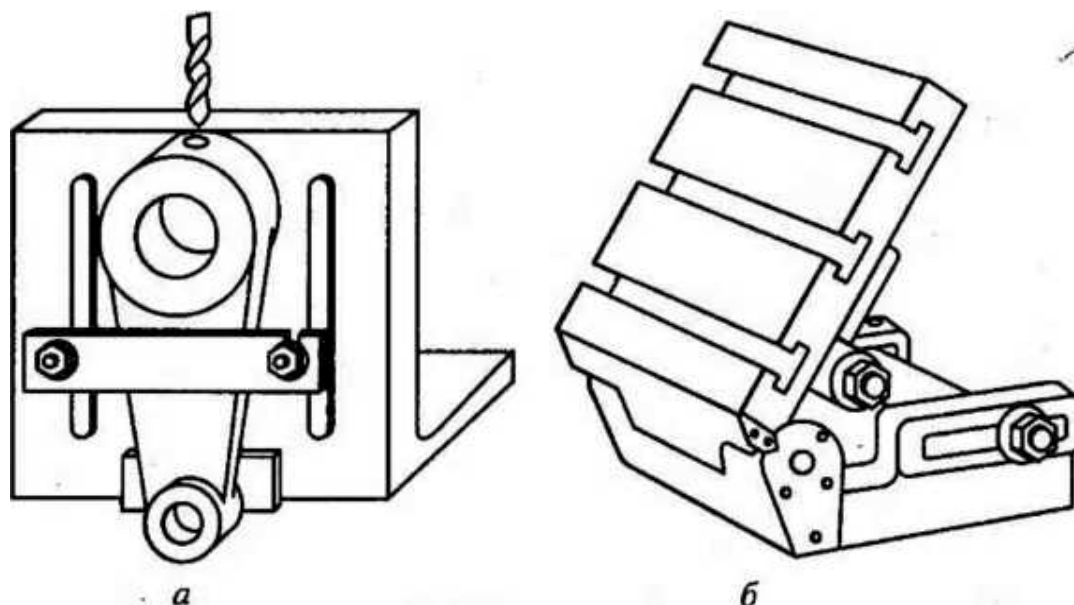


Рисунок 3.22 – Угольники:
а – жесткий; б – регулируемый

Самым распространенным и универсальным приспособлением для закрепления заготовок при их обработке являются машинные тиски, общий вид которых представлен на рисунке 3.23.

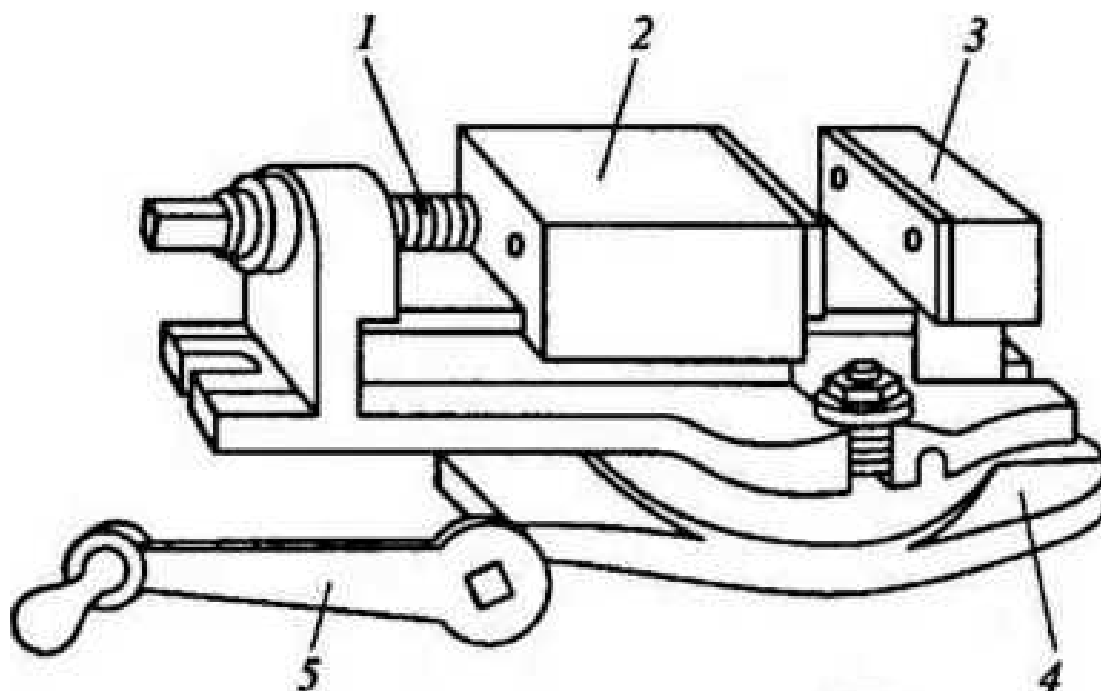


Рисунок 3.23 – Машинные винтовые тиски:
 1 – винт; 2 – подвижная губка;
 3 – неподвижная губка; 4 – основание; 5 – рукоятка

В зависимости от конструкции различаются винтовые, быстродействующие и пневматические тиски.

Для закрепления заготовок и обеспечения правильного расположения инструмента относительно оси обрабатываемого отверстия используются специальные приспособления – **кондукторы**. Применение такого рода приспособлений экономически обосновано только в условиях серийного и массового производства, когда количество деталей в партии составляет более 100 штук.

Для правильного направления инструмента в приспособлении в его корпус устанавливаются **кондукторные втулки** (рис. 3.24), которые обеспечивают точную обработку отверстий. Конструкции и размеры кондукторных втулок стандартизованы и изготавливаются в двух вариантах: постоянные (рис. 3.24, а), применяющиеся в кондукторах для мелкосерийного производства при обработке отверстий одним инструментом, и быстросменные с замком (рис. 3.24, б), использующиеся в кондукторах для крупносерийного производства.

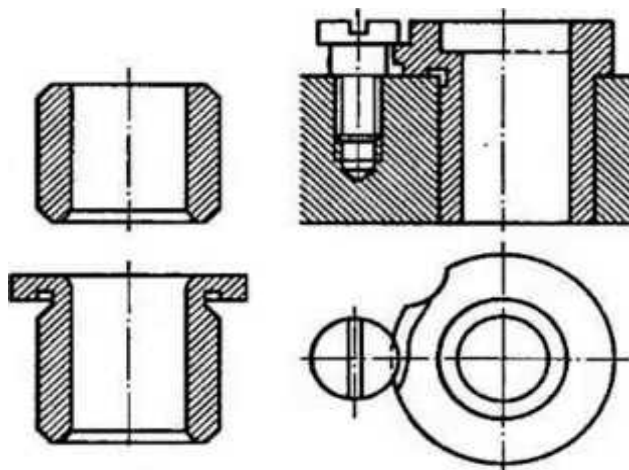


Рисунок 3.24 – Кондукторные втулки:
a – постоянные; *б* – быстросменные

Правильное положение заготовок относительно инструмента в кондукторных приспособлениях обеспечивают за счет применения установочных опор, которые (рис. 3.25) изготавливают в виде штырей и пластин. Штыри (рис. 3.25, *a*) изготавливают с плоской (I), сферической (II) и насеченной (III) головками.

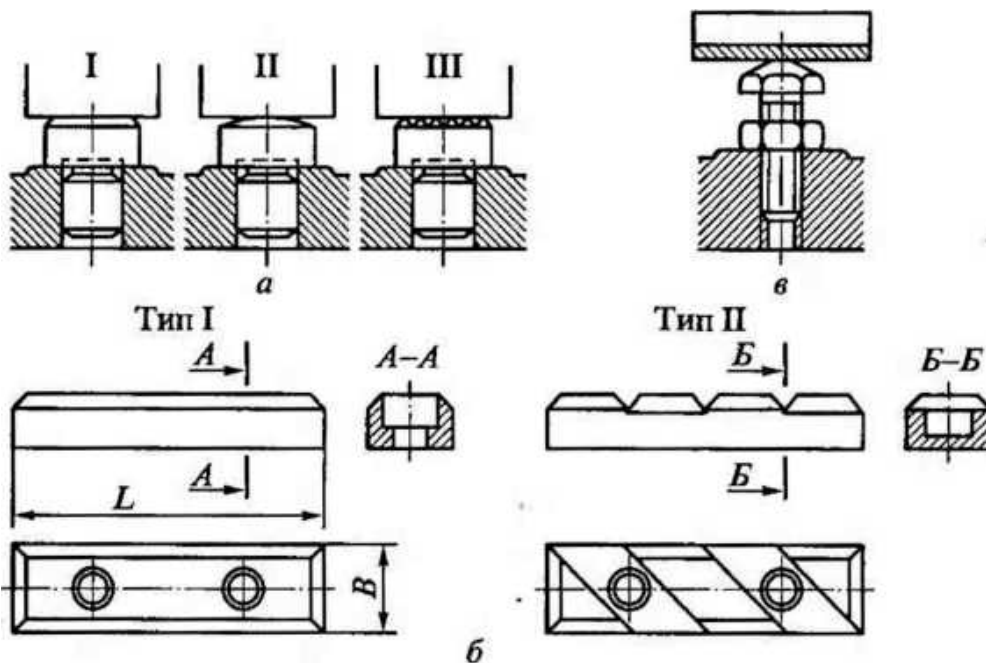


Рисунок 3.25 – Установочные опоры:
a – штыри: I, II и III – соответственно плоская, сферическая и насеченная головки; *б* – пластины: I и II – соответственно плоская и насеченная; *L* и *B* – соответственно длина и ширина пластины; *в* – регулируемая винтовая опора

Штыри с плоской головкой предназначены для установки заготовок с обработанными базовыми поверхностями, а штыри со сферической и насеченной головками – с необработанными базовыми поверхностями. Установочные пластины (рис. 3.25, б) закрепляются в корпусе кондуктора винтами и могут быть регулируемы и нерегулируемы. Регулируемые пластины применяются в тех случаях, когда с поверхности заготовки предстоит удалить припуск при ее последующей обработке. Регулируемые винтовые опоры (рис. 3.25, в) используют в тех же случаях, что и штыри.

Кондукторные плиты используются для установки в их отверстиях кондукторных втулок. В зависимости от способа соединения кондукторных плит с корпусом кондуктора различаются постоянные, поворачиваемые, объемные, подвесные и подъемные кондукторные плиты. Постоянные плиты изготавливают как единое целое с корпусом кондуктора, поворачиваемые плиты можно вращать на оси относительно корпуса кондуктора при установке и снятии обрабатываемой заготовки. Съемные плиты изготавливают отдельно и устанавливают на корпусе кондуктора только после установки заготовки. Для извлечения из кондуктора обработанной заготовки такая плита должна быть предварительно снята. Подвесные плиты устанавливают на специальные направляющие скалки, для чего на плитах выполняют соответствующие этим скалкам отверстия, и закрепляют гайками.

Применение кондукторов позволяет не выполнять разметку, нанесение центровых отверстий, выверку заготовок при креплении и другие операции, связанные с обработкой отверстий концевыми инструментами.

По конструкции различают накладные, скользящие, опрокидываемые и поворотные кондукторы.

Накладные кондукторы (рис. 3.26) получили свое название в связи с тем, что при обработке их накладывают на заготовку. В качестве примера рассмотрим схему незакрепленного накладного кондуктора для сверления четырех отверстий б. Обрабатываемую заготовку устанавливают базовой поверхностью 5 на наклонной плоскости приспособления так, чтобы оси просверливаемых отверстий расположились вертикально. После установки заготовки в нужное положение и ее закрепления устанавливают кондукторную плиту 4. Фиксирующие пальцы 1 и 2 обеспечивают правильное расположение кондукторных втулок 3 относительно оси отверстий.

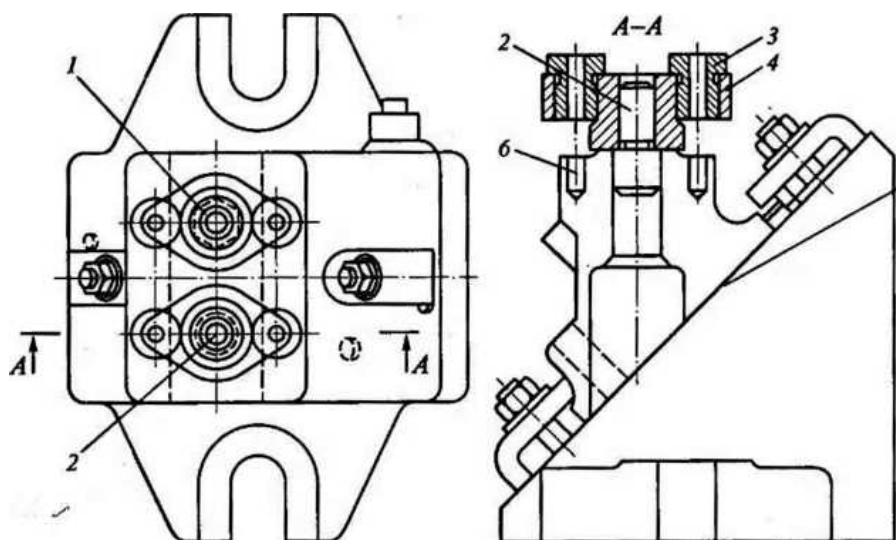


Рисунок 3.26 – Накладной кондуктор:

1, 2 – фиксирующие пальцы; 3 – кондукторные втулки; 4 – кондукторная плита;
5 – базовая поверхность обрабатываемой заготовки; 6 – обрабатываемые отверстия

Скользящие кондукторы (рис. 3.27) не крепятся к столу станка, а устанавливаются в рабочее положение непосредственно на детали, поэтому производительность работ с их применением несколько ниже, чем при использовании закрепляемых кондукторов.

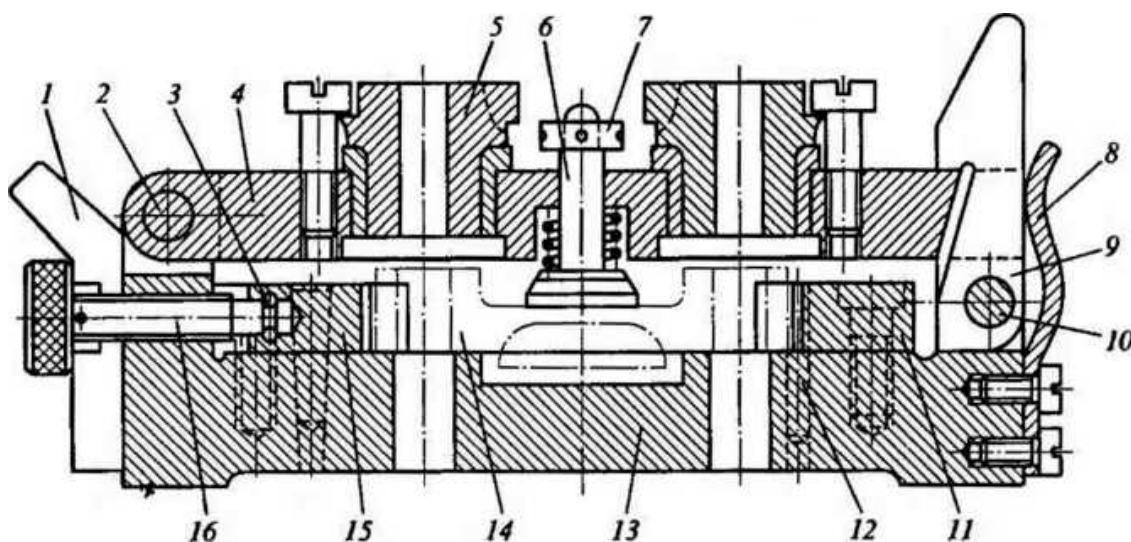


Рисунок 3.27 – Скользящий кондуктор:

1 – упор; 2 – ось; 3 – шпилька; 4 – установочная планка; 5 – кондукторная втулка; 6 – пружинный прижим; 7 – гайка; 8 – плоская пружина; 9 – защелка; 10 – ось; 11 – неподвижная призма; 12 – контрольный штифт; 13 – основание; 14 – заготовка; 15 – подвижная призма; 16 – штифт

Кондуктор, изображенный на рисунке 3.27, предназначен для сверления двух отверстий в заготовке 14 (указана штрих-пунктирной линией). На основании 13 кондуктора на оси 2 установлена планка 4, в которой расположены две кондукторные втулки 5 и пружинный прижим 6, обеспечивающий удержание планки при помощи гайки 7. Заготовка устанавливается торцом на шлифованную поверхность основания кондуктора, ее положение относительно кондукторных втулок регулируется с помощью двух призм: неподвижной 11 и подвижной 15. Подвижная втулка соединена со штифтом 16 шпильками 3. Положение призм фиксируется контрольными штифтами 16.

При установке заготовки 14 планка 4 откидывается до упора 1. Во время обработки кондукторная планка удерживается в своем положении защелкой 9, установленной на оси 10, и прижимается плоской пружиной 8.

Опрокидываемые кондукторы (рис. 3.28) применяются при обработке отверстий в нескольких плоскостях. Заготовка 7, в которой необходимо обработать отверстия в двух взаимно-перпендикулярных плоскостях, фиксируется втулкой 2 и подвижной призмой 4.

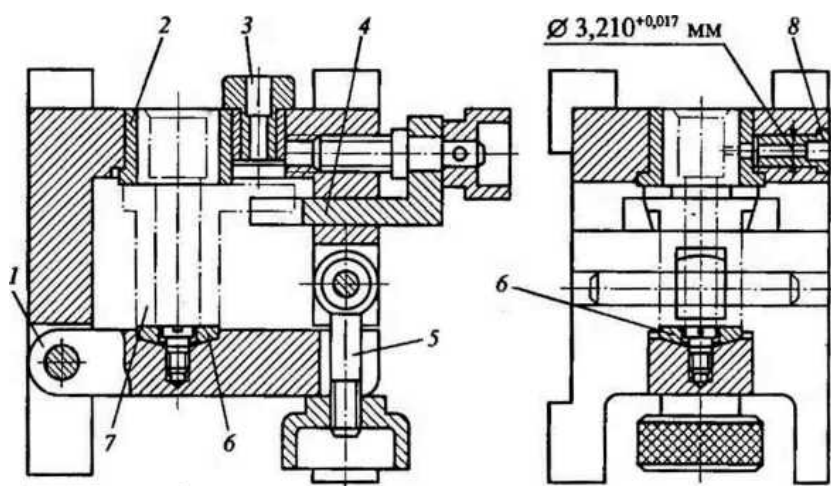


Рисунок 3.28 – Опрокидываемый кондуктор:

1 – откидная планка; 2 – втулка; 3, 8 – кондукторные втулки; 4 – подвижная призма; 5 – болт; 6 – сухарь; 7 – заготовка

Закрепление заготовки осуществляется откидной планкой 1 с болтом 5. Планка снабжена самоустанавливающимся сухарем 6.

Обработка осуществляется через кондукторные втулки 3 и 8. После обработки отверстия в одной плоскости кондуктор поворачивается (опрокидывается) и отверстие обрабатывается в другой плоскости.

Поворотные кондукторы (рис. 3.29) служат в основном для обработки отверстий на цилиндрических поверхностях, они могут иметь горизонтальную, вертикальную или наклонную ось поворота. Заготовку 4 (указана штрих-пунктирной линией) устанавливают на шпинделе 7 приспособления и зажимают гайкой 5 через разрезную шайбу 6.

Делительный диск 1, обеспечивающий поворот заготовки на определенный угол, соединен со шпинделем 7 шпонкой 2. Люфт (свободное проворачивание без смещения) шпинделя регулируется гайками 3. Фиксатор 9 удерживается в заданном положении пружиной 8.

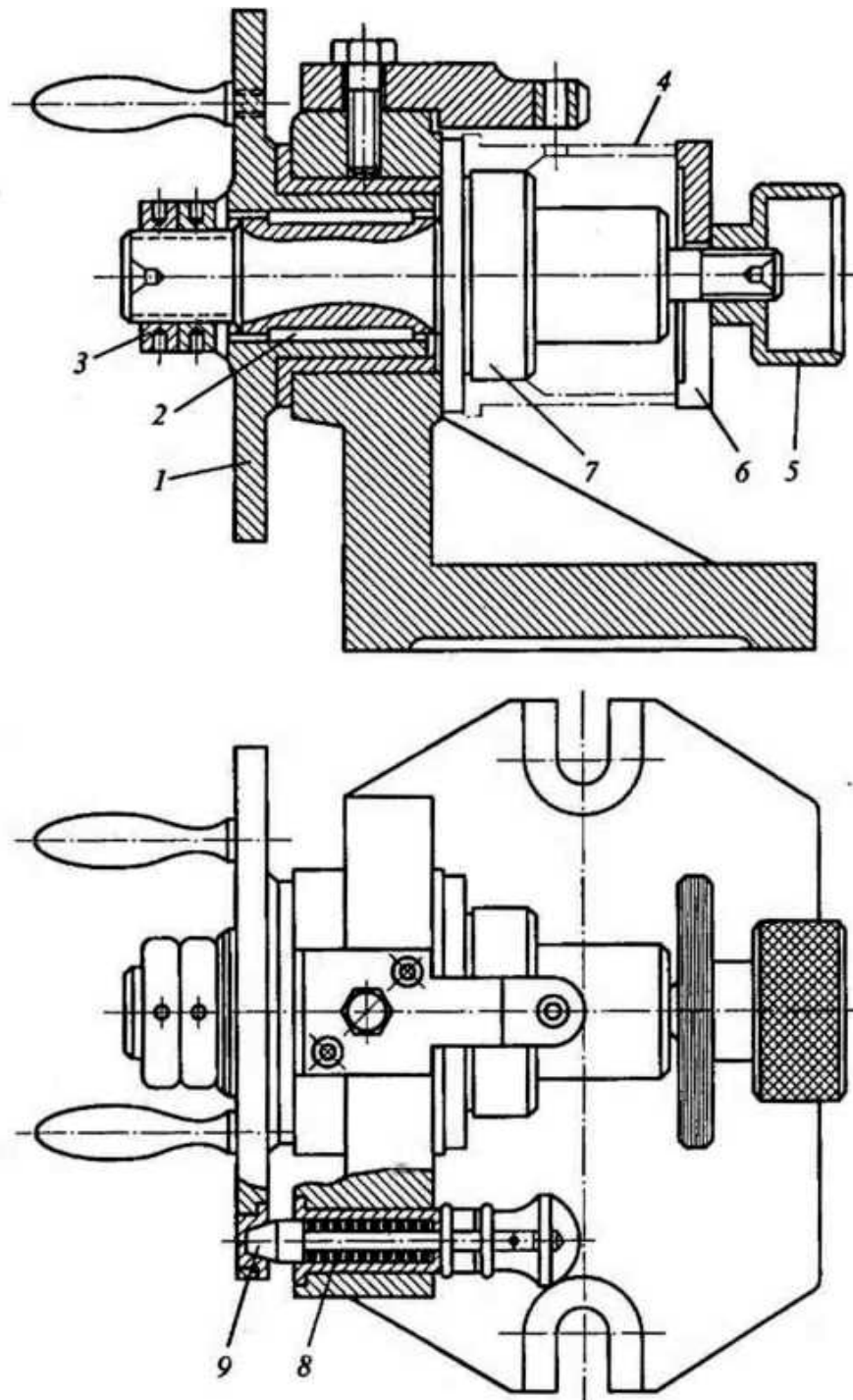


Рисунок 3.29 – Поворотный кондуктор:
 1 – делительный диск; 2 – шпонка; 3, 5 – гайки; 4 – заготовка; 6 – разрезная шайба; 7 – шпиндель; 8 – пружина; 9 – фиксатор

В современных условиях мелкосерийного и серийного производства целесообразно применять универсальные нормализованные кондукторы, которые можно использовать для обработки большого количества однотипных, но различных по размерам заготовок.

Режимы резания при сверлении

За *скорость резания* при сверлении принимают окружную скорость наиболее удаленной точки режущего лезвия, которая рассчитывается по формуле:

$$V_v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}, \quad (3.4)$$

где D – наружный диаметр сверла (диаметр обрабатываемого отверстия), мм; n – частота вращения шпинделя станка, /мин⁻¹.

При назначении скорости движения подачи различают подачу минутную (S); подачу на оборот (S_o) и подачу на зуб (S_z), которые взаимосвязаны между собой функциональной зависимостью:

$$S = n \cdot S_o = n \cdot Z \cdot S_z, \quad (3.5)$$

где Z – количество зубьев рабочего инструмента.

Глубина резания при сверлении отверстия в сплошном материале равна половине диаметра сверла и рассчитывается по формуле:

$$t_c = \frac{D}{2} \quad (3.6)$$

Глубина резания при рассверливании, зенкерования и развертывании равна половине разницы между диаметрами обработанного отверстия и заготовки и рассчитывается по формуле:

$$t_p = \frac{(D - d)}{2}, \quad (3.7)$$

где d – диаметр отверстия в заготовке, в мм; t_c – глубина резания при сверлении, в мм; t_p – глубина резания при рассверливании, зенкерования и развертывании, в мм.

3.6. Фрезерование

Фрезерование – ЛОР плоских и фасонных поверхностей с линейной образующей; главное движение – вращательное, придается инструменту; движение подачи – прямолинейное, поступательное, придается заготовке в направлении как вдоль, так и перпендикулярно оси вращения инструмента.

Особенностями процесса фрезерования является прерывистый характер процесса резания каждым зубом фрезы и переменность толщины срезаемого слоя. Каждый зуб фрезы участвует в резании только на определенной части оборота фрезы, остальную часть проходит по воздуху, вхолостую, что обеспечивает охлаждение зуба и дробление стружки.

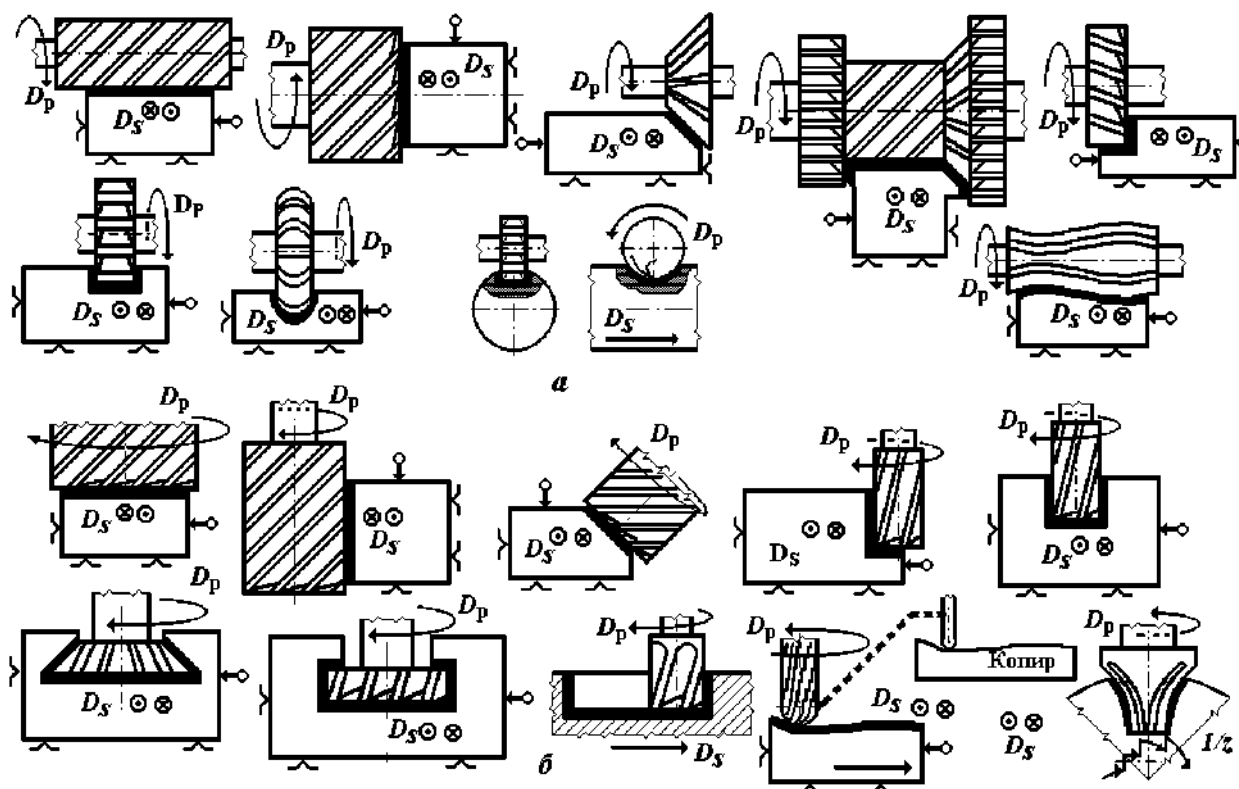


Рисунок 3.30 – Технологические схемы фрезерования:

а – на горизонтально-фрезерных станках; *б* – на вертикально-фрезерных станках; $1/z$ – делительный поворот заготовки; D_p – направление линейной скорости фрезы; D_s – направление подачи стола

Инструменты для обработки на фрезерных станках

Основным инструментом для обработки на фрезерных станках являются фрезы (рис. 3.31).

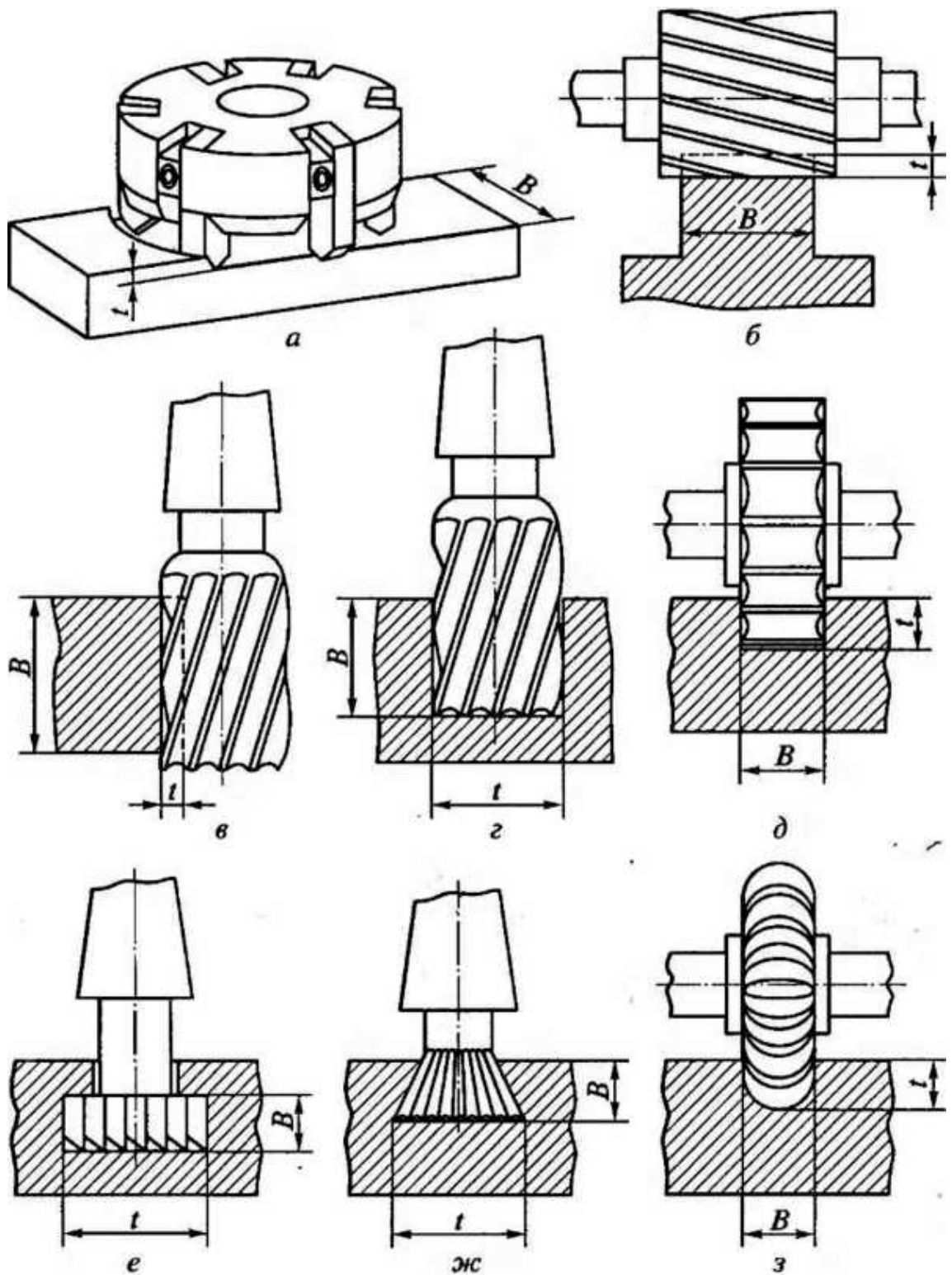


Рисунок 3.31 – Основные типы фрез:
a – торцевые; *б* – цилиндрические; *в*, *г* – концевые; *д* – дисковые;
е – Т-образные; *ж* – «ласточкин хвост»; *з* – фасонные; B – ширина
 фрезерования; t – глубина фрезерования

В зависимости от соотношения длины фрезы к ее диаметру ($K = L_{\phi}/D$), различают: цилиндрические фрезы ($K = 0,5-3$); концевые или пальцевые фрезы ($K > 3$) и дисковые фрезы ($K < 0,5$). В зависимости от расположения главной режущей кромки различают: фрезы с прямым зубом (главная режущая кромка параллельна оси вращения фрезы); косозубые фрезы (главная режущая кромка направлена под углом к оси вращения фрезы); шевронные фрезы (главные режущие кромки соседних зубьев расположены под углом друг к другу). В зависимости от конструктивного исполнения режущей части различают: цельные фрезы (фрезы целиком выполнены из быстрорежущей стали); фрезы с напаянными пластинками инструментального материала; фрезы с механическим креплением пластинок инструментального материала; фрезы сборные (инструментальный материал закреплен на отдельных резцах, вставленных в корпус фрезы). В зависимости от расположения зубьев различают: фрезы односторонние (зубья располагаются только на образующей); фрезы двухсторонние (зубья располагаются на образующей и одном из торцов); фрезы трехсторонние (зубья располагаются на образующей и обоих торцах). В зависимости от формы главной режущей кромки различают: фрезы с прямолинейной режущей кромкой; фрезы с ломанной режущей кромкой (одноугловые и двухугловые); фасонные фрезы (фрезы выпуклые полукруглые и фрезы вогнутые полукруглые); специальные фрезы. Цилиндрические фрезы обычно используются в наборе из двух и более фрез для обработки ступенчатых поверхностей заготовок. Дисковые фрезы используются для обработки различных пазов и для отрезания материала.

Концевые фрезы используются для обработки плоскостей, уступов, прямоугольных и призматических пазов, криволинейных поверхностей.

К специальным фрезам относятся: концевые фрезы для получения Т-образных пазов; шпоночные фрезы для получения шпоночных пазов под призматическую или сегментную шпонку; модульные дисковые или концевые фрезы для нарезания зубчатых венцов по методу копирования; червячные фрезы для нарезания зубчатых венцов или шлиц-методом обката; резьбовые фрезы.

Элементы фрезы (рис. 3.32). Фреза состоит из корпуса и режущей части.

Рабочую часть фрезы изготавливают из быстрорежущих инструментальных сталей или армируют твердым сплавом. Она состоит из зубьев, конструкция которых во многом сходна с конструкцией резца.

Поверхность зуба фрезы, по которой сходит стружка, называется передней поверхностью A_T . При резании она контактирует со срезаемым слоем и стружкой. Поверхность, обращенная в процессе резания к заготовке, называется задней поверхностью A_d . Пересечение этих двух поверхностей образует режущую кромку. Режущая кромка фрезы состоит из двух частей: часть режущей кромки, формирующая большую часть объема срезаемого слоя, называется *главной режущей кромкой* K , а формирующая меньшую его часть – *вспомогательной режущей кромкой*. Главная и вспомогательная задние

поверхности обращены к поверхности резания и примыкают соответственно к главной и вспомогательной режущим кромкам. Место пересечения двух задних поверхностей называется вершиной, а радиус, по которому выполнено это сопряжение, – радиусом вершины.

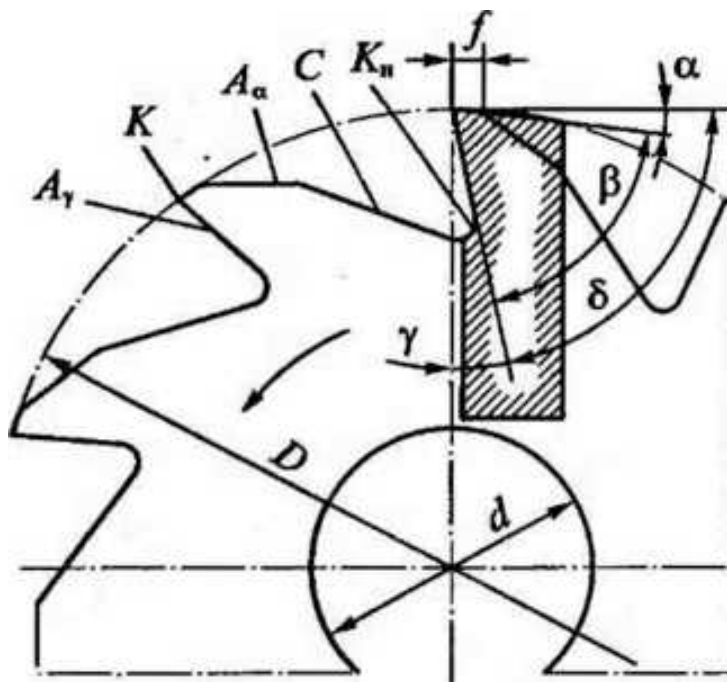


Рисунок 3.32 – Элементы фрезы:

A_γ – передняя поверхность; K – главная режущая кромка; A_α – задняя поверхность; C – спинка зуба; K_n – переходная канавка; f – фаска зуба; β – угол заострения; α – задний угол; δ – угол резания; γ – передний угол; d – диаметр отверстия; D – диаметр фрезы

У зуба фрезы можно выделить фаску f и спинку C . Геометрия зуба фрезы определяется углами: передним γ ; задним α ; углами заострения β и резания δ , которые определяются так же, как и у резца. Переходным элементом от одного зуба к другому служит канавка K_n .

Форма и элементы зубьев

В зависимости от поверхности, по которой производится затачивание фрезы, существует две основные конструкции зубьев: остроконечный зуб – затачивание производится по передней поверхности зуба (рис. 3.33, а); затылованный зуб – затачивание производится по задней поверхности (рис. 3.33, б).

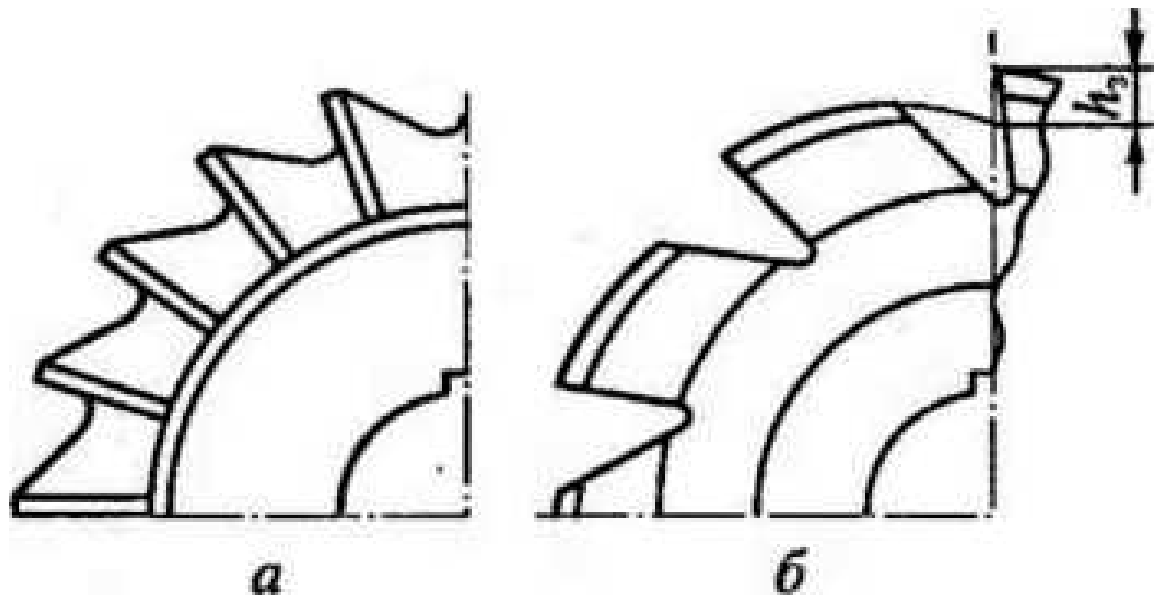


Рисунок 3.33 – Форма зубьев:
a – остроконечный; *б* – затылованный: h_3 – величина затылования

Зубья фрезы характеризуют следующие основные элементы (рис. 3.34).

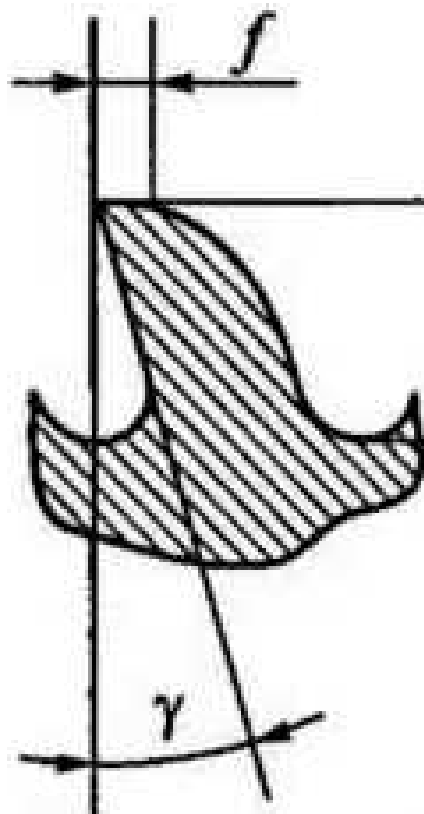


Рисунок 3.34 – Элементы зуба фрезы:
f – ширина задней поверхности зуба (фаска); *h* – высота зуба; γ – передний угол

1. Высота зуба h – это расстояние между режущей кромкой зуба и дном канавки, измеренное в радиальном сечении фрезы перпендикулярно ее оси.
2. Ширина задней поверхности зуба (фаска f) – это расстояние от режущей кромки до линии пересечения задней поверхности зуба с его спинкой, измеренное в направлении, перпендикулярном режущей кромке.
3. Окружной шаг зубьев фрезы – это расстояние между одноименными точками режущих кромок двух смежных зубьев, измеренное по дуге окружности с центром по оси фрезы и в плоскости, перпендикулярной к этой оси. Этот шаг может быть как равномерным, так и неравномерным.
4. Величина затылования (см. рис. 3.34) – это понижение кривой затылования между двумя режущими кромками двух соседних зубьев.

Приспособления для установки инструмента

Установка и закрепление цилиндрических и дисковых фрез на станке осуществляются с помощью оправок, диаметр которых должен соответствовать диаметру отверстия фрезы (рис. 3.35).

Оправка конусным хвостовиком устанавливается в коническом отверстии шпинделя 5. Поверхности оправки, отверстия шпинделя и проставочных колец 9 и фрезы 7 предварительно протирают чистой ветошью. При установке оправки необходимо следить за тем, чтобы ее пазы 6 были совмещены с выступами или шпонками на торце шпинделя станка. В резьбовое отверстие оправки заворачивается до упора шомпол 3, после чего он закрепляется гайкой 4. Кольца 9 устанавливаются на оправке 8 с двух сторон фрезы. Фреза 7 размещается как можно ближе к шпинделю станка для обеспечения наименьшего прогиба оправки при фрезеровании. Конусная втулка 11 поддерживает цилиндрическую часть оправки. Эта втулка устанавливается в серье 12 и закрепляется на оправке гайкой 10.

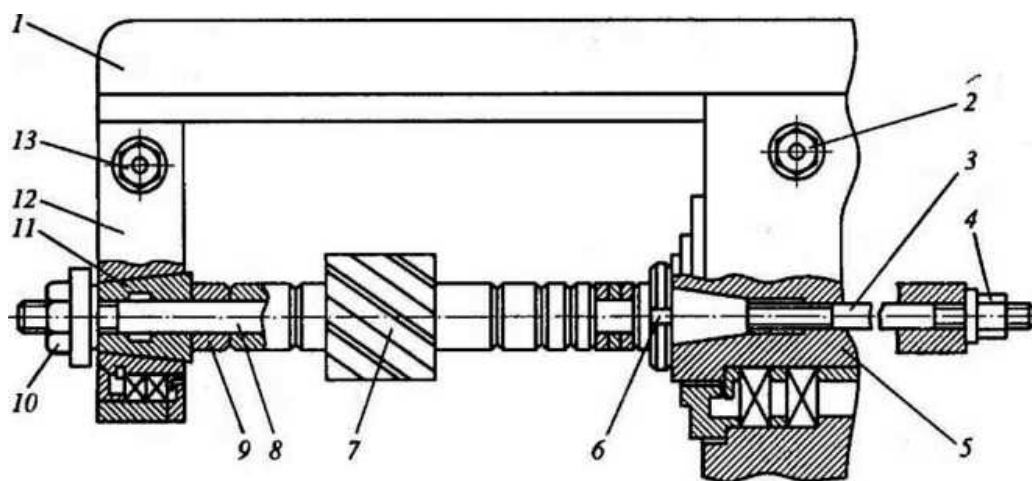


Рисунок 3.35 – Оправка для установки цилиндрических и дисковых фрез:
 1 – хобот; 2, 4, 10, 13 – гайки; 3 – шомпол; 5 – шпиндель; 6 – пазы; 7 – фреза;
 8 – оправка; 9 – кольца; 11 – втулка; 12 – серья

Серьга надвигается на втулку и в этом положении закрепляется гайкой 13 на хоботе 1. Положение хобота на станине при этом фиксируется при помощи гайки 2.

Установка и закрепление торцевых фрез (рис. 3.36) на станке зависит от их конструкции. Торцевые фрезы с цилиндрическим или коническим отверстием, расположенным по центру фрезы, устанавливаются на оправку. При установке базовый торец фрезы 3 должен плотно прилегать к торцу оправки, а выступ оправки Б – совмещаться с пазом фрезы. Оправка устанавливается в конической отверстии шпинделя станка и закрепляется шомполом 1 и гайкой 2, при этом выступы А шпинделя станка должны быть совмещены с пазами оправки.

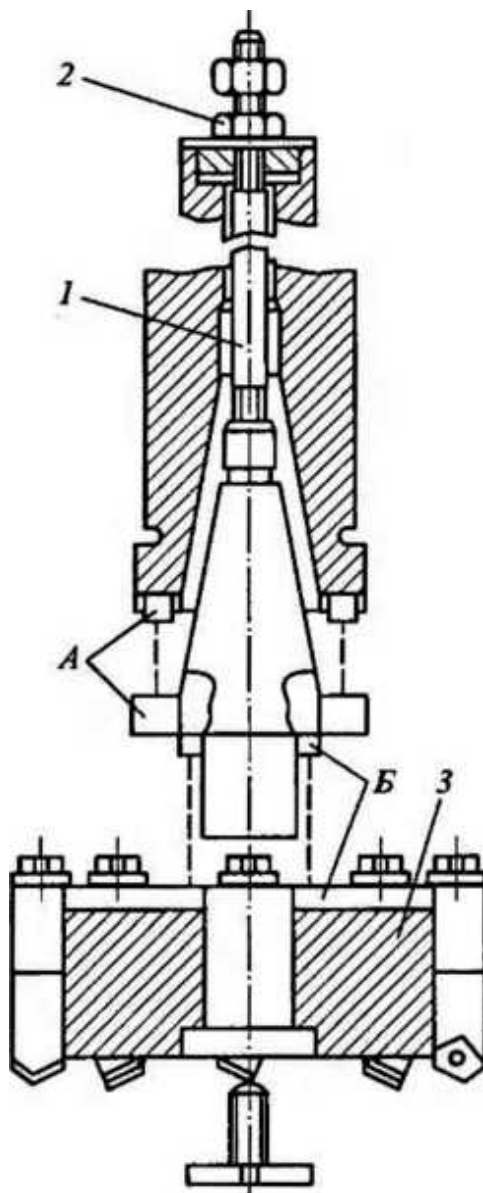


Рисунок 3.36 – Оправка для концевых и торцевых фрез:
А – выступы шпинделя и пазы оправки; Б – выступы оправки и пазы фрезы;
1 – шомпол; 2 – гайка; 3 – фреза

Концевые фрезы с коническим хвостовиком крепятся в коническом отверстии шпинделя непосредственно или с использованием переходных втулок при помощи шомпола.

Фрезы с цилиндрическим хвостовиком предварительно устанавливаются в *цанговый патрон* (рис. 3.37). После закрепления фрезы цанговый патрон хвостовиком *1* устанавливается в коническом отверстии шпинделя станка и закрепляется шомполом *2*. Крепление фрезы *5* в цанге *4* осуществляется при вращении гайки *3*, торец которой давит на цангу.

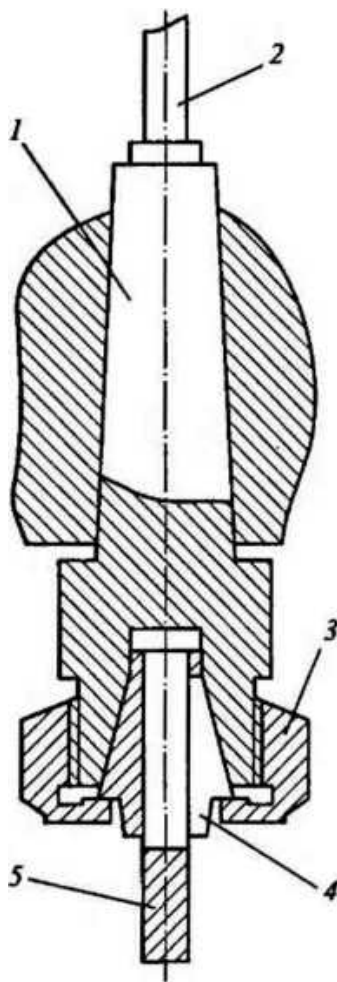


Рисунок 3.37 – Цанговый патрон:

1 – хвостовик; *2* – шомпол; *3* – гайка; *4* – цанга; *5* – фреза

В условиях единичного и мелкосерийного производства широко используются универсальные консольно-фрезерные станки. К ним относятся станки: ГФС без поворотного стола; ГФС с поворотным столом; ВФС. На рисунке 3.38, *a* показаны основные узлы ГФС с поворотным столом. На фундаментной плите *1* установлена чугунная станина *2*. Внутри станины расположены: отсек для электрооборудования; коробка скоростей *3* и шпиндельный узел *7*. По верхним направляющим станины перемещается хобот *4*. Хобот может устанавливаться относительно станины с различными размерами вылета. Серьга *10* перемещается по направляющим хобота и

закрепляется гайкой. Хобот совместно с серьгой обеспечивает жесткость фрезерной оправки с серьгой. С помощью винтового домкрата по вертикальным направляющим станины перемещается консоль 5. Консоль – базовый узел, обеспечивающий продольную, поперечную и вертикальную подачи стола 9. По горизонтальным направляющим консоли перемещаются продольные салазки 6. По верхним направляющим вертикальных салазок перемещаются поперечные салазки 8.

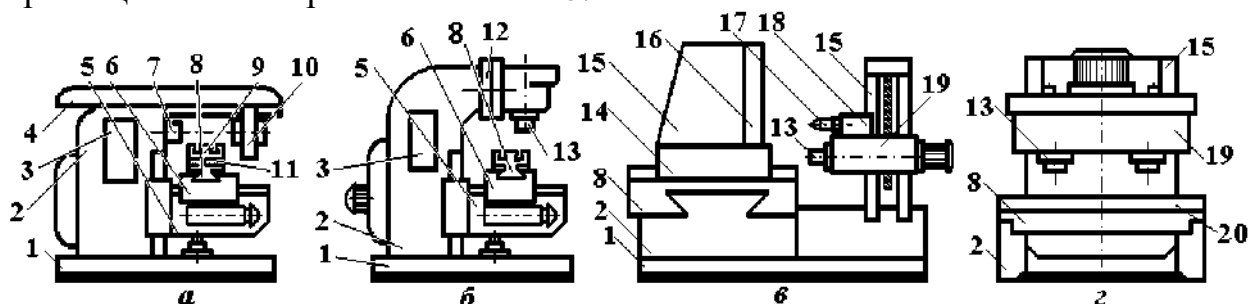


Рисунок 3.38 – Станки фрезерной группы:

а – горизонтально-фрезерный; *б* – вертикально-фрезерный; *в* – копировально-фрезерный; *г* – карусельно-фрезерный; 1 – фундаментная плита; 2 – станина; 3 – коробка скоростей; 4 – хобот; 5 – консоль; 6 – продольные салазки; 7 – шпиндельный узел; 8 – поперечные салазки; 9 – стол; 10 – серьга; 11 – поворотные салазки; 12 – поворотная планшайба; 13 – шпиндель; 14, 16 – стол; 15 – стойка; 17 – щуп; 18 – следящий привод; 19 – фрезерная головка (бабка); 20 – карусель

На продольных салазках установлены поворотные салазки 11 и стол 9. Вертикальное, продольное и поперечное движения подачи стола могут осуществляться вручную или с использованием коробки подач, размещенной в консоли. Вращательное движение выходного вала коробки подач преобразуется в поступательное перемещение стола с помощью механизмов «ходовой винт – гайка». На верхней части стола выполнены поперечные Т-образные пазы для установки заготовки или рабочих приспособлений.

На рисунке 3.38, *б* показаны основные узлы ВФС. Эти станки имеют много общих унифицированных узлов и деталей с ГФС. От ГФС они отличаются вертикальным расположением шпинделя, который можно поворачивать под углом до 45° в обе стороны. На фундаментной плите 1 установлена чугунная станина 2. Внутри станины расположен отсек, где установлена поворотная планшайба 12 с фрезерной головкой и шпинделем 13. С помощью винтового домкрата, по вертикальным направляющим станины перемещается консоль 5 с продольными 6, поперечными 8 салазками и столом.

Обработку сложных фасонных поверхностей (кулачков, шаблонов, пресс-форм и так далее) производят концевыми фрезами на копировально-фрезерных станках. методом контурного фрезерования. При этом заготовке или фрезе одновременно

сообщают движение в двух направлениях (продольное и поперечное движение подачи). Одно из движений является задающим (постоянным), другое – следящим, зависящим от формы копира. Профиль обработанной поверхности зависит от соотношения этих движений. Скорость перемещения фрезы относительно заготовки должна совпадать со скоростью перемещения следящего элемента (щупа) по копиру. Объемные фасонные поверхности получают объемным копирным фрезерованием. Поверхности фрезеруют отдельными вертикальными или горизонтальными фасонными строчками. Ширина строчки соответствует диаметру концевой фрезы. После фрезерования одной строчки, фрезу перемещают на ширину строчки. Следующую строчку фрезеруют на обратной подаче. В современных копировальных станках применяются механические, электромеханические или гидравлические следящие приводы. При использовании механического следящего привода щуп жестко связан с фрезой, сила резания воспринимается копиром, что является причиной его быстрого износа. Применение электромеханических или гидравлических усилителей позволяют уменьшить давление на щуп. Малые давления щупа на копир позволяют фрезеровать крутые профили, обеспечивая высокую точность обработки.

На рисунке 3.38, в показан общий вид копировально-фрезерного станка. На фундаментной плите 1 установлена станина 2. По горизонтальным направляющим станины перемещаются салазки 8. По поперечным направляющим салазок перемещается стол 14. На столе установлена стойка 15 со своим столом, в пазах которого устанавливаются приспособление с обрабатываемой заготовкой и копир. На правой части станины установлена вертикальная стойка 15 с винтовым механизмом подачи. По направляющим стойки перемещаются фрезерная бабка 19 со шпинделем 13 и следящий привод 18 со щупом 17.

В крупносерийном и массовом производстве для высокопроизводительного непрерывного фрезерования партии деталей применяют фрезерные станки непрерывного действия [3]. Для обработки заготовок небольшого размера (некруглые валы, рычаги и т. д.) применяют карусельно-фрезерные станки; более крупные заготовки обрабатывают на барабанно-фрезерных станках. Основные узлы карусельно-фрезерного станка показаны на рисунке 3.38, г. На станине 2 смонтирована стойка 15, по вертикальным направляющим которой перемещается фрезерная головка 19 с двумя шпинделями 13. Оба шпинделя имеют общий привод, но могут настраиваться на различные числа оборотов. Обычно левый шпиндель настроен на черновое фрезерование поверхности, правый – на чистовое. На круглом столе (карусели) 20 с вертикальной осью вращения в приспособлениях устанавливают заготовки. Стол установлен в салазках 8, которые могут перемещаться по направляющим станины. При работе станка, стол вращается непрерывно. Особенностью барабанно-фрезерных станков является наличие горизонтального барабана. На гранях барабана установлены приспособления, в которых базируются и зажимаются заготовки. Медленным вращением барабана заготовкам придают круговую

подачу. Станки оснащены несколькими фрезерными головками.

Приспособления для установки заготовок

Обрабатываемые заготовки могут устанавливаться и закрепляться непосредственно на столе станка, а также в универсальных или специальных приспособлениях. Для установки и закрепления заготовок непосредственно на столе станка используются *прижимы, опоры, упоры* и *угольники* различных конструкций (рис. 3.21), выбор которых зависит от конфигурации заготовок и вида обработки.

Универсальным приспособлением для закрепления заготовок на столе станка являются машинные тиски различных конструкций.

Режимы обработки и элементы резания при фрезеровании

К режимам обработки резания при фрезеровании относятся:

Скорость резания при фрезеровании V – это скорость перемещения точки на режущей кромке инструмента, наиболее удаленной от оси его вращения. Скорость резания при фрезеровании (м/мин) зависит от диаметра фрезы и частоты ее вращения.

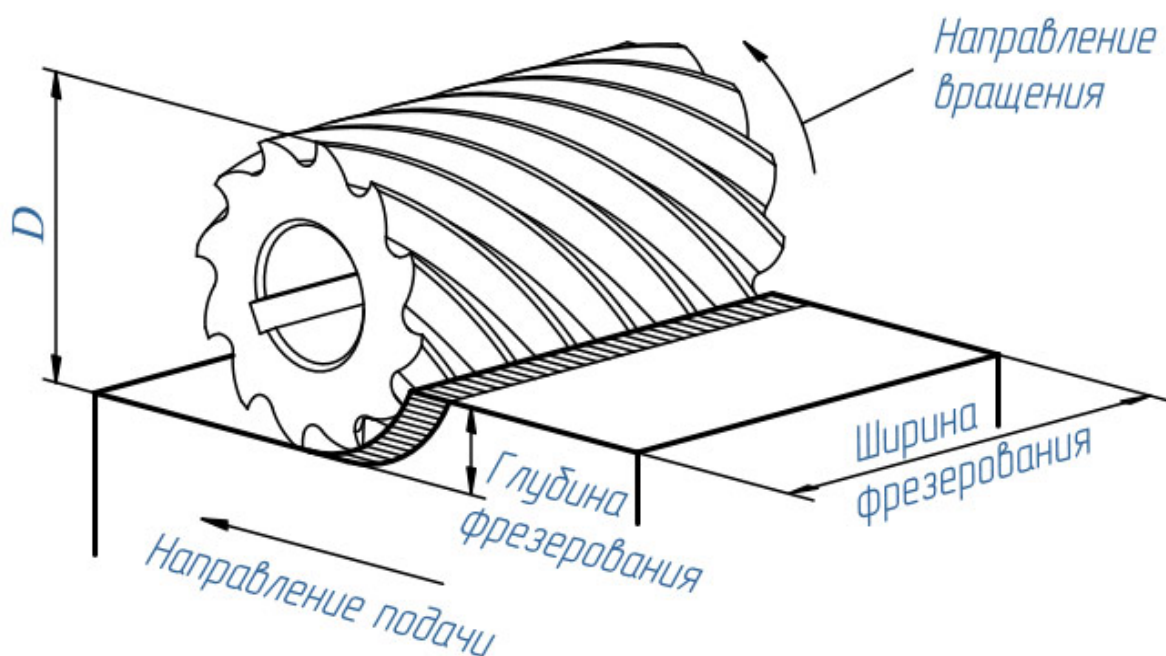


Рисунок 3.39 – Схема режимов резания при фрезеровании

Следовательно, скорость резания при фрезеровании равна πDn мм/мин. Обычно скорость резания при фрезеровании выражают в метрах в минуту, для чего необходимо полученное выражение скорости в мм/мин разделить на 1000. Тогда формула скорости резания при фрезеровании примет вид:

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \text{ м/мин} \quad (3.8)$$

Из формулы (3.8) следует, что чем больше диаметр D фрезы, тем больше скорость резания при данном числе оборотов, и чем больше число оборотов n шпинделя, тем больше скорость резания при данном диаметре фрезы.

Пример 1. Фреза диаметром 100 мм делает 140 об/мин. Определить скорость резания. В данном случае $D = 100$ мм; $n = 140$ об/мин. По формуле (3.8) имеем:

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 100 \cdot 140}{1000} = 44 \text{ м/мин}$$

На производстве часто приходится решать обратную задачу: по заданной скорости резания v определить число оборотов фрезы n или ее диаметр D . Для этой цели применяют формулы:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot \pi}{3,14 \cdot D} = \frac{318 \cdot v}{D}; \quad (3.9)$$

$$D = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot n} = \frac{1000 \cdot v}{3,14 \cdot n} = \frac{318 \cdot v}{n} \quad (3.10)$$

Пример 2. Обработку предложено производить при скорости резания 33 м/мин. Фреза имеет диаметр 100 мм. Сколько оборотов надо дать фрезе? В данном случае $v = 33$ м/мин; $D = 100$ мм. По формуле (3.9) имеем:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 33}{3,14 \cdot 100} = 105 \text{ об/мин}$$

или

$$n = \frac{318 \cdot v}{D} = \frac{318 \cdot 33}{100} = 105 \text{ об/мин}$$

Пример 3. Скорость резания составляет 33 м/мин. Число оборотов фрезы составляет 105 об/мин. Определить диаметр фрезы, которую надо применить для данной обработки. В данном случае $v = 33$ м/мин; $n = 105$ об/мин. По формуле (3.10) получаем:

$$D = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot n} = \frac{1000 \cdot 33}{3,14 \cdot 105} = 100 \text{ мм}$$

или

$$D = \frac{318 \cdot v}{n} = \frac{318 \cdot 33}{105} = 100 \text{ мм}$$

Не всегда на станке можно установить число оборотов шпинделя в минуту, которое точно соответствует полученному по формуле (3.9). Также не всегда

удается подобрать фрезу точно того диаметра, который получается по формуле (3.10). В этих случаях берут ближайшее меньшее число оборотов шпинделя в минуту из имеющихся на станке и фрезу с ближайшим меньшим диаметром из имеющихся в кладовой.

Подача S при фрезеровании – это перемещение стола станка относительно обрабатываемого инструмента.

Движение подачи при фрезеровании выполняется либо вручную, либо механизмом станка. Оно может быть осуществлено перемещением стола станка в продольном направлении, перемещением салазок в поперечном направлении и перемещением консоли в вертикальном направлении. У бесконсольных вертикально-фрезерных станков крестовой стол имеет продольное и поперечное перемещения, а вертикальное перемещение получает шпиндельная головка. При работе на продольно-фрезерных станках продольное перемещение имеет стол, а поперечные и вертикальные перемещения получают шпиндельные головки. При работе на круглом поворотном столе на вертикально-фрезерных станках, на карусельно- и барабанно-фрезерных станках имеет место круговая подача стола.

При фрезеровании различают: подачу в одну минуту – перемещение стола в миллиметрах за 1 мин., обозначается S и выражается в мм/мин; подачу на один оборот фрезы – перемещение стола в миллиметрах за полный оборот фрезы, обозначается S_o и выражается в мм/об; подачу на один зуб фрезы – перемещение стола в миллиметрах за время, когда фреза повернется на часть оборота, соответствующую расстоянию от одного зуба до другого (на один шаг), обозначается $S_{зуб}$ и выражается в мм/зуб. Часто подачу на один зуб фрезы обозначают S_z .

На практике пользуются всеми тремя значениями подачи. Они связаны между собой простыми зависимостями:

$$S_o = S_{зуб} \cdot z; \text{ мм / об }; \quad (3.11)$$

$$S = S_o \cdot n = S_{зуб} \cdot z \cdot n, \text{ мм / мин }; \quad (3.12)$$

$$S_{зуб} = \frac{S_o}{z} = \frac{S}{n \cdot z} \text{ мм / зуб} \quad (3.13)$$

где z – число зубьев фрезы.

Более наглядно виды подач стола относительно обрабатываемого инструмента представлены на рисунке 3.40.

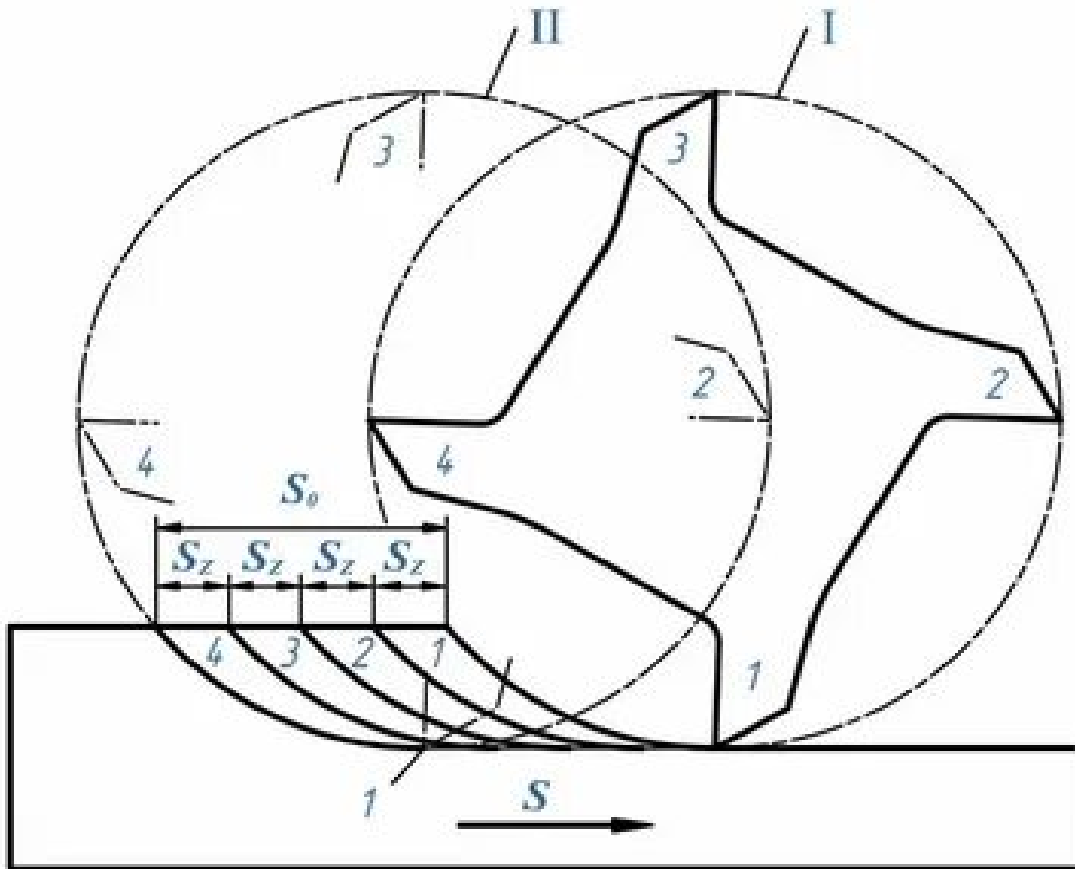


Рисунок 3.40 – Виды подач стола относительно обрабатываемого инструмента

Пример 4. Фреза с 10 зубьями делает 200 об/мин при подаче 300 мм/мин. Определить подачу на один оборот фрезы и на один зуб. В данном случае $s = 300$ мм/мин; $n=200$ об/мин и $z=10$.

$$s = s_o \cdot n = s_{зуб} \cdot z \cdot n$$

Подставляя известные величины, получаем:

$$300 = s_o \cdot 200;$$

$$s_o = 300 \div 200 = 1,5 \text{ мм / об};$$

$$s_{зуб} = \frac{s}{n \cdot z} = \frac{300}{200 \cdot 10} = 0,15 \text{ мм / зуб}$$

При настройке станка на лимбе подач следует устанавливать ближайшее к расчетному, но меньшее значение минутной подачи.

Глубина резания t – это расстояние между обработанной и обрабатываемой поверхностями, измеренное в направлении, перпендикулярном оси фрезы.

Ширина фрезерования B – это расстояние между обработанной и обрабатываемой поверхностями, измеренное параллельно оси инструмента (см. рис. 3.39).

Практические рекомендации по выбору режимов резания при фрезеровании

Скорость резания, подача, глубина и ширина резания не могут выбираться произвольно фрезеровщиком по собственному усмотрению, так как это может вызвать преждевременное затупление фрезы, перегрузку и даже поломку отдельных узлов станка, нечистую поверхность обработки и т. д. Все перечисленные выше элементы резания находятся в тесной зависимости друг от друга. Например, с увеличением скорости резания необходимо уменьшать подачу на зуб и снижать глубину резания, фрезерование с большой шириной резания требует уменьшения скорости резания и подачи, фрезерование с большой глубиной резания (черновую обработку) производят с меньшей скоростью резания, чем чистовую обработку, и т. д. Кроме того, назначение скорости резания зависит от материала фрезы и материала заготовки. Фреза из быстрорежущей стали, как уже знаем, допускает большие скорости резания, чем из углеродистой стали; в свою очередь скорость резания для твердосплавной фрезы может быть в 4-5 раз выше, чем для быстрорежущей. Легкие сплавы можно фрезеровать со значительно большей скоростью резания, чем чугун. Чем тверже (крепче) стальная заготовка, тем меньше должна быть скорость резания.

Также следует обратить внимание на применение встречного и попутного фрезерования, их области применения (рис. 3.41).

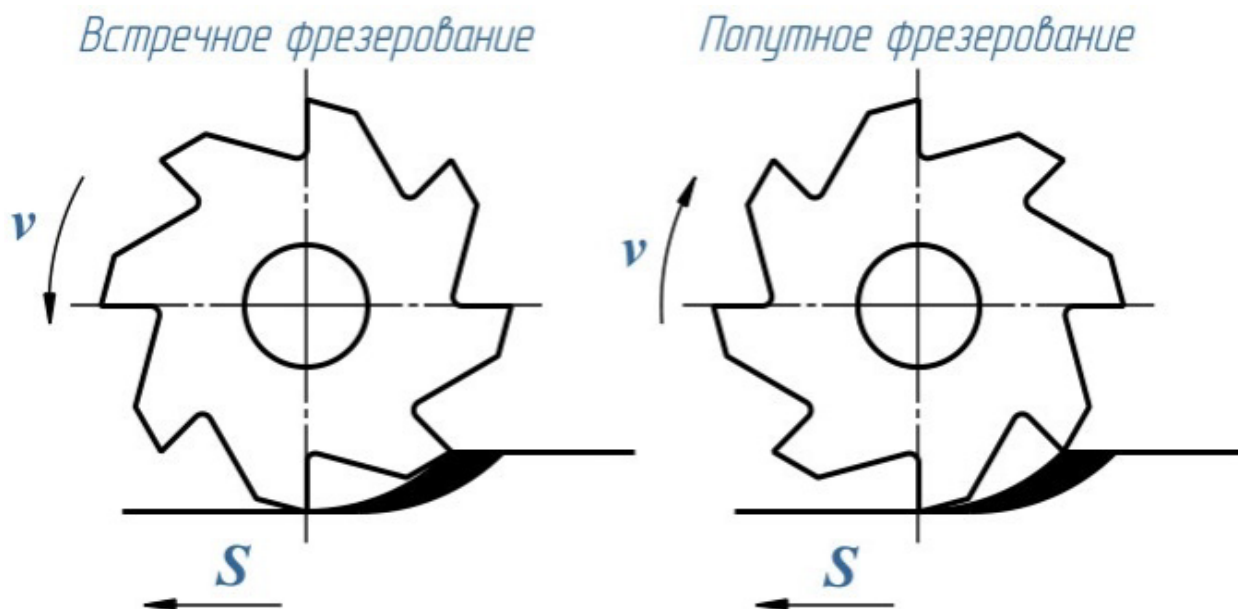


Рисунок 3.41 – Схема встречного и попутного фрезерования

При попутном режиме резания движение детали совпадает с направлением перемещения фрезы. Главной особенностью данного способа является скачкообразное погружение зуба в заготовку и, соответственно, сильная ударная нагрузка и повышенный износ режущей части. Это наиболее заметно при обработке поверхностно уплотненных деталей, а также при использовании

цилиндрического прямозубого инструмента.

Важным эффектом попутного реза является уплотнение поверхности детали. В зависимости от технологических требований это может быть как достоинством, так и недостатком метода. Уплотнение происходит по причине пластинчатой деформации срезаемого слоя. Преимуществом попутной обработки является давление фрезы на заготовку, что увеличивает жесткость сопряжения и точность фрезерования.

К основным достоинствам попутного фрезерования можно отнести:

- простое удаление стружки благодаря тому, что она образуется позади инструмента;
- нет необходимости в применении специальных прижимных механизмов, для обеспечения жесткости сопряжения достаточно силы резания;
- плавный съём металла и, соответственно, высокое качество поверхности;
- медленный и равномерный износ зубьев фрезы, увеличение ресурса работы инструмента.

Одним из недостатков попутного фрезерования является необходимость отсутствия зазоров при передвижении стола. В противном случае обработка будет сопровождаться серьезными вибрационными нагрузками и уменьшением качества обработки. Вторым важным недостатком – ударная нагрузка на зубья фрезы.

Все эти ограничения позволяют применять попутное фрезерование только на жестких станках при повышенных требованиях к фиксации заготовки.

Большое значение играет и качество поверхности, при низком качестве обработки фреза может быстро выйти из строя. Поэтому данный способ фрезерования не подходит для поковок, штамповок и других заготовок без предварительной черновой обработки.

При встречном фрезеровании направление вращения фрезы противоположно движению детали. Поэтому если при попутном основной действующей силой реза является сминание поверхностного слоя, то при встречном большую часть работы выполняют растяжение и изгиб. Это обеспечивает плавное погружение зуба и увеличение ресурса эксплуатации инструмента даже при обработке деталей с упрочненным поверхностным слоем. Но при этом возможно и проскальзывание зуба, что приводит к увеличению прочности продавленного слоя металла.

Недостатком метода является сложность удаления стружки, непостоянство ее толщины. Вследствие этого возникает вибрация и снижается качество обработки. Поэтому требуется максимально прочная фиксация детали.

У каждого из методов есть свои достоинства и недостатки, и выбор зависит от условий фрезерования и требований к качеству поверхности.

Попутное фрезерование оптимально для:

- чистовой обработки;
- съёма тонкого слоя за один проход;
- фрезерования деталей без поверхностного упрочнения.

Соответственно встречное более всего подходит для:

- черновой обработки;
- работы с поверхностно упрочненными деталями.

Оба способа широко используются в современной металлообработке.

Совокупность всех перечисленных выше элементов (скорость резания, подача, глубина и ширина фрезерования) в правильном взаимном сочетании составляет режим резания при фрезеровании, или, сокращенно, режим фрезерования.

Наука о резании металлов установила рациональные скорости резания и подачи при заданных глубине резания и ширине фрезерования при обработке различных металлов и сплавов для углеродистых, быстрорежущих и твердосплавных фрез, поэтому назначение режима фрезерования производится на научном основании по соответствующим таблицам, так называемым нормативам режимов резания.

3.7. Абразивная обработка деталей машин, шлифование

Физические основы процесса шлифования металлов

Шлифование – один из видов обработки металлов резанием. При шлифовании припуск на обработку снимается абразивными инструментами – шлифовальными кругами.

Шлифовальный круг представляет собой пористое тело, состоящее из большого количества мелких зерен. Эти зерна соединены между собой особым веществом, которое называется связкой. Твердые материалы, из которых образованы зерна шлифовального круга, называются абразивными материалами. Процесс шлифования состоит в том, что шлифовальный круг снимает с детали тонкий слой металла (стружку) острыми гранями своих абразивных зерен (рис. 3.42).

Принципиальной разницы в законах резания металлов металлическими и неметаллическими инструментами не существует.

Однако процесс резания металлов различными инструментами, в том числе и шлифование, кроме общих закономерностей, имеет свои особенности.

К особенностям процесса шлифования следует отнести:

- 1) высокую скорость резания;
- 2) сильное размельчение и своеобразный характер снимаемой стружки;
- 3) невыгодную геометрию режущих зерен шлифовального круга;
- 4) высокое нагревание обрабатываемой поверхности и стружки.

Поясним кратко эти особенности. При обычном шлифовании скорость резания принимается равной 30 м/сек, или 1800 м/мин, а при скоростном – 50 м/сек, или 3000 м/мин. Это в 10–30 раз превышает скорость резания при токарной обработке.

Процесс снятия стружки абразивным (режущим) зерном осуществляется примерно за 0,0001–0,00005 сек.

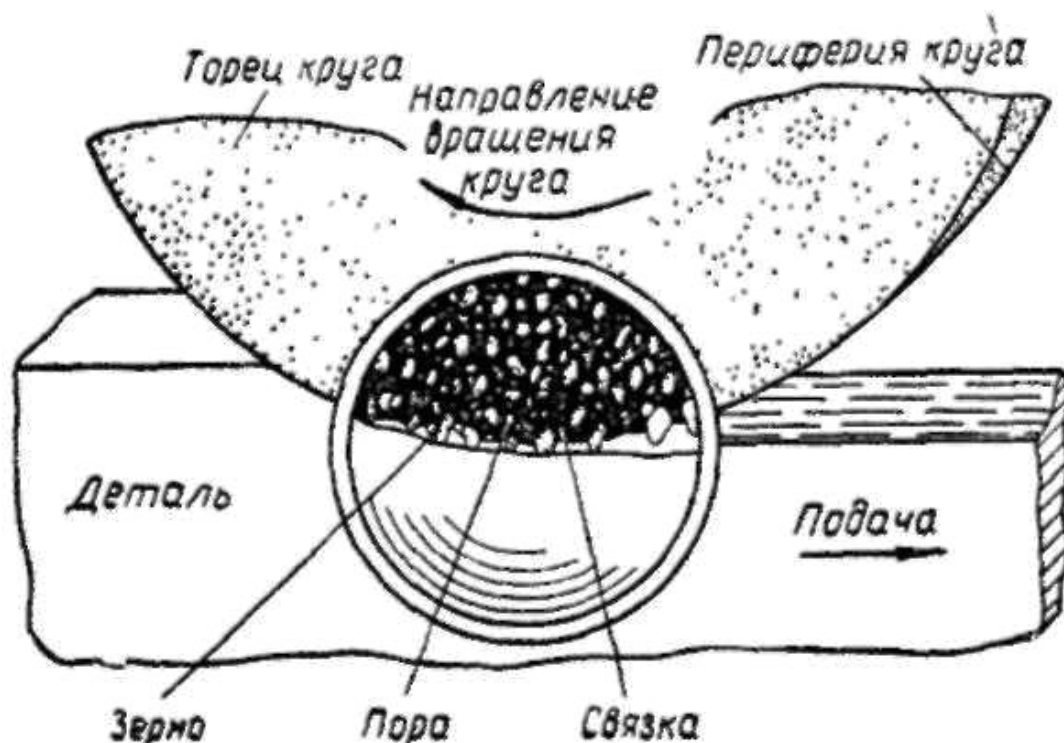


Рисунок 3.42 – Процесс шлифования металла

Число абразивных зерен, расположенных на периферии шлифовального круга, очень велико, оно измеряется на кругах средних размеров десятками и сотнями тысяч штук. Поэтому при шлифовании стружка снимается огромным числом беспорядочно расположенных режущих зерен, к тому же неправильной формы, что приводит к очень сильному размельчению стружки и вызывает большой расход энергии. Затрата энергии на единицу веса снимаемого металла при шлифовании в 4–5 раз больше, чем при фрезеровании, и в 12–13 раз больше, чем при точении.

Абразивные зерна, как правило, имеют отрицательные углы резания. Работу каждого отдельно взятого абразивного зерна можно сравнивать с работой резца, имеющего отрицательный передний угол. Так, если при работе другими инструментами их режущей части можно придать наиболее выгодную геометрию, то с зернами шлифовального круга этого сделать нельзя.

Шлифовальный круг имеет прерывистую, режущую кромку. Высокие скорости резания, трение связки шлифовального круга об обрабатываемую поверхность, произвольная геометрия абразивных зерен, сильное размельчение стружки приводят к тому, что в зоне шлифования выделяется большое количество тепла. Высокая температура поверхностных слоев шлифуемой детали, достигающая 1000° и больше, вызывает изменение структуры и физических свойств металла.

Снимаемая стружка в большей своей части похожа на стружку, снимаемую другими инструментами. Часть стружки отлетает от шлифуемой детали, а некоторая часть ее размещается в порах шлифовального круга и вымывается из них охлаждающей жидкостью. Небольшая часть ее сторает. По мере

притупления шлифовальные зерна врезаются в металл все с большим и большим усилием. В тот момент, когда усилие по величине превзойдет прочность зерна или удерживающей его связки, зерно разрушится или полностью выкрошится.

Шлифование – очень сложный процесс, который зависит от многих факторов.

Виды и способы шлифования металлов

Поверхности, обрабатываемые шлифованием, могут быть простыми и сложными. К простым относятся наружная и внутренняя цилиндрическая поверхность и плоскость, к сложным – винтовая, эвольвентная и некоторые другие поверхности.

Для осуществления процесса шлифования необходимо, чтобы деталь и абразивный инструмент имели соответствующие относительные движения. В машиностроении наиболее часто применяются следующие виды шлифования: круглое наружное, круглое внутреннее и плоское.

Круглое наружное шлифование. К этому виду шлифования относятся:

- а) шлифование с продольной подачей;
- б) шлифование врезанием;
- в) бесцентровое шлифование с продольной подачей;
- г) бесцентровое шлифование врезанием.

Для осуществления круглого наружного шлифования с продольной подачей необходимы следующие движения (рис. 3.43, а): вращение шлифовального круга, или главное движение резания; вращение детали вокруг своей оси – круговая подача детали; прямолинейное возвратно-поступательное движение детали (или шлифовального круга) вдоль оси детали – продольная подача; поперечное перемещение шлифовального круга на деталь или наоборот, детали на круг – поперечная подача, или подача на глубину шлифования. При шлифовании с продольной подачей этот вид подачи используется периодически, в конце каждого двойного хода детали.

Круглое наружное шлифование врезанием (рис. 3.43, б) отличается от первого способа шлифования тем, что высота применяемого при этом шлифовального круга берется равной длине шлифования детали или несколько больше ее. Поэтому здесь отпадает необходимость в продольной подаче. Поперечная подача применяется непрерывно в течение всего процесса шлифования. Таким образом, для выполнения наружного шлифования врезанием необходимы следующие движения: вращение шлифовального круга, вращение детали вокруг своей оси, или ее круговая подача, и непрерывная поперечная подача шлифовального круга.

Бесцентровое шлифование (рис. 3.43, в) представляет собой разновидность наружного круглого шлифования. Шлифуемая деталь помещается на опорном ноже между кругами – рабочим (слева) и подающим, или ведущим (справа). Для осуществления процесса бесцентрового шлифования необходимы

следующие движения: вращение шлифовального и подающего кругов, круговая и продольная подача детали.

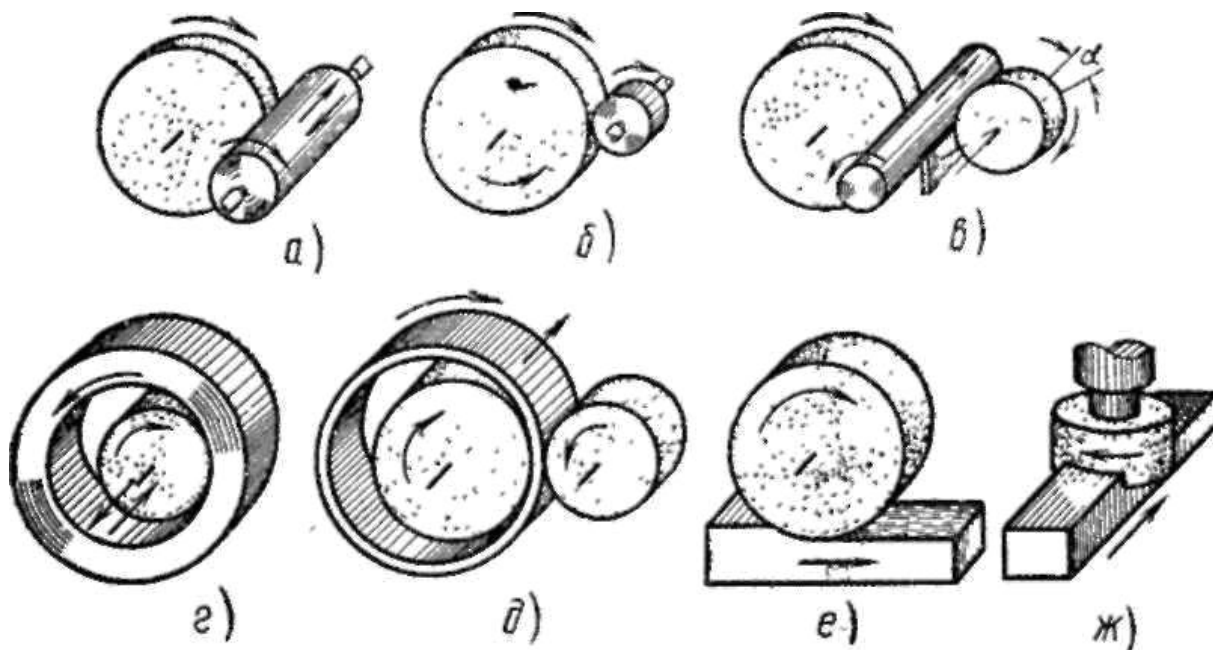


Рисунок 3.43 – Схемы основных видов шлифования:

a – круглое наружное с продольной подачей; *б* – круглое наружное врезанием; *в* – наружное бесцентровое; *г* – круглое внутреннее с продольной подачей; *д* – внутреннее бесцентровое; *е* – плоское – периферией круга; *ж* – плоское – торцом круга

Вращение подающего круга сообщает шлифуемой детали вращение и продольную подачу. Для получения продольной подачи детали ось ведущего круга устанавливают под небольшим углом к оси рабочего круга.

Круглое внутреннее шлифование. К этому виду шлифования относятся:

- а) шлифование с продольной подачей;
- б) шлифование врезанием;
- в) бесцентровое шлифование с продольной подачей;
- г) бесцентровое шлифование врезанием.

Схема круглого внутреннего шлифования с продольной подачей показана на рисунке 3.43, *г*. Для этого способа шлифования необходимы те же движения, что и при круглом наружном шлифовании с продольной подачей: вращение шлифовального круга, круговая подача детали, продольная подача детали или круга, поперечная подача круга.

Круглое внутреннее бесцентровое шлифование (рис. 3.43, *д*) подобно наружному и осуществляется без закрепления шлифуемой детали; в процессе шлифования деталь поддерживается тремя опорными роликами.

Плоское шлифование. Этот вид шлифования делится:

- а) на шлифование периферией круга (рис. 3.43, *е*)
- б) на шлифование торцом круга (рис. 3.43, *ж*).

Для осуществления плоского шлифования необходимы следующие движения: вращение шлифовального круга – главное движение резания; подача детали; прямолинейное движение детали или шлифовального круга в направлении, перпендикулярном к подаче детали; движение круга на деталь – поперечная подача, или подача на глубину шлифования. Столы плоскошлифовальных станков могут совершать прямолинейное возвратно-поступательное и вращательное движение. Соответственно движение подачи детали может быть прямолинейным или вращательным.

Режимы шлифования металлов

Режимы круглого шлифования

Скорость шлифования. Скоростью шлифования обычно называют скорость вращения шлифовального круга. Это связано с тем, что скорость вращения шлифовального круга намного больше скорости вращения детали.

Скорость вращения круга имеет большое значение для процесса шлифования. Производительность процесса шлифования возрастает с увеличением скорости круга.

Выбирать скорости нужно по наибольшим допустимым значениям, указанным в ГОСТ 4785-64 (в зависимости от формы круга, связки, обрабатываемого материала, вида шлифования, конструкции станка).

Пример. Определить скорость шлифовального круга V_k , если известно $D_k = 600$ мм и $n_k = 1100$ об/мин.

Решение задачи осуществим по формуле 3.14:

$$v_k = \frac{\pi \cdot D_k \cdot n_k}{60 \cdot 1000} = \frac{3,14 \cdot 600 \cdot 1100}{60 \cdot 1000} = 34,54 = 35 \text{ м/с} \quad (3.14)$$

Поэтому стараются пользоваться кругом наибольшего диаметра, который может быть установлен на станке, и выбирают возможно большее число оборотов шпинделя. Ограничением скорости круга является, как уже говорили, прочность его и жесткость станка, приспособления, детали. При малой жесткости системы высокие скорости приводят к вибрациям, уменьшающим точность, класс шероховатости обрабатываемой поверхности, увеличивающим износ круга.

Между скоростью детали V_d , обрабатываемым материалом, стойкостью круга, поперечной и продольной подачами имеется такая зависимость:

$$v_d = \frac{C_v \cdot d^2}{T^m \cdot S_t^x \cdot S_{np}^y} \text{ м/мин} \quad (3.15)$$

где V_d – скорость детали при наружном круглом шлифовании, м/мин;

C_v – коэффициент, зависящий от материала детали, термообработки, шлифовального круга;

d – диаметр обрабатываемой поверхности, мм;
 T – стойкость круга, мин;
 S_t – поперечная подача, мм/ход;
 $S_{пр}$ – продольная подача в долях ширины круга;
 ρ, m, x, y – показатели степени.

Значения C_v, ρ, m, x, y приводятся в справочниках.

Получив расчетное значение V_d , находят соответствующее число оборотов, детали n_d :

$$n_d = \frac{1000 \cdot v_d}{\pi \cdot d} \text{ об / мин} \quad (3.16)$$

По паспорту станка находят ближайшее меньшее число оборотов n_{cm} и на этих оборотах ведут обработку. При этом действительная скорость вращения детали будет несколько меньше расчетной. Она определяется по формуле (3.17):

$$v_{дейст.} = \frac{\pi \cdot D_k \cdot n_{cm}}{1000} \text{ м / мин} \quad (3.17)$$

Глубина шлифования (поперечная подача). При черновом шлифовании выгодно работать с наибольшей глубиной резания (шлифования), допускаемой зерном круга, деталью и станком. При этом глубина резания не должна превышать пяти сотых поперечного размера зерна. Так, для круга зернистостью 50 она должна быть менее 0,025 мм. При увеличении глубины резания более допустимой поры круга быстро заполняются металлической стружкой и круг засаливается.

Глубину шлифования следует уменьшать при обработке нежесткой детали, слабо закрепленной на станке, и при появлении прижогов. При отделочном шлифовании глубина шлифования должна быть небольшой, что повышает точность и класс шероховатости обработки.

Твердые и прочные материалы шлифуют на меньшую глубину. С увеличением глубины шлифования возрастает мощность, затрачиваемая на трение и дробление стружки.

Продольная подача. Продольная подача измеряется в долях ширины круга. Для чернового шлифования она составляет 0,4–0,85 ширины круга за один оборот детали. Большую величину подачи, чем 0,9, принимать нельзя, ибо при большей подаче на поверхности шлифуемой детали останется винтовая непрошлифованная полоса.

При чистовых работах продольная подача колеблется от 0,2 до 0,4 ширины круга за один оборот детали. Чем больше подача, тем выше производительность, но больше шероховатость поверхности. Наиболее рациональные режимы резания ($V_k, V_d, S_{пр}$) выбираются по нормативам, приведенным в справочниках.

При определении режимов резания по нормативам вначале определяют скорость детали V_d (при принятой скорости круга, размерах детали), затем продольную подачу $S_{пр}$ и поперечную S_t (табл. 3.1 и 3.2).

Таблица 3.1 – Режимы круглого наружного шлифования

Вид и характер шлифования	Окружная скорость детали, м/мин	Глубина шлифования (мм) или поперечная подача (мм/об)	Продольная подача в долях ширины круга	Шероховатость обработанной поверхности Ra, мкм
Шлифование с поперечной и продольной подачей				
Предварительное:				1,25-2,5
на один ход стола	10-25	0,01-0,025	-	
на двойной ход стола	20-30	0,015-0,05	0,3-0,7	
Чистовое	15-75	0,005-0,019	0,2-0,4	0,63-1,25
Шлифование с поперечной подачей				
Предварительное	30-50	0,0025-0,075	-	1,25-2,5
Чистовое	20-40	0,001-0,005	-	0,32-1,25

Примечания:

1. Параметры режима шлифования следует умножить на коэффициент 0,5–0,8 при обработке жаропрочной стали и на 1,3–1,8 при обработке чугуна.
2. Для чистового шлифования значения поперечной подачи на ход стола не должны превышать значения поперечной подачи предварительного шлифования.
3. При шлифовании деталей, закрепленных в патроне, надо выбирать минимальные значения поперечной подачи.
4. Для достижения необходимой шероховатости поверхности в конце шлифования рекомендуется провести один-два прохода без поперечной подачи.

Таблица 3.2 – Режимы внутреннего шлифования

Тип станков	Вид шлифования: предварительное (П); чистовое (Ч)	Режимы шлифования			
		окружная скорость детали, м/мин	глубина шлифования или поперечная подача, мм/дв. ход	Продольная подача в долях ширины круга	Шероховатость обработанной поверхности
Простые, универсальные	П	20-60	0,005 -0,02	0,50-0,70	1,25-2,5
	Ч		0,0025-0,01	0,25-0,50	0,63-1,25
Полуавтоматические	П	50-150	0,0025-0,005	0,50-0,75	1,25-2,5
	Ч		0,0015-0,0025	0,25-0,50	0,63-1,25

Режимы плоского шлифования

При плоском шлифовании металлов скорость резания при шлифовании v , м/с, определяют по формуле:

$$v_k = \frac{\pi \cdot D_k \cdot n_k}{60 \cdot 1000}, \quad (3.18)$$

где D_k – наружный диаметр шлифовального круга, мм; n_k – частота вращения круга (шпинделя станка), об/мин.

Значение продольной подачи выбирают в пределах $S_{np} = 5–20$ м/мин. Поперечную подачу S_{nop} при черновом шлифовании ($Ra = 1,6–6,3$ мкм) назначают равной $0,3–0,7H_{кр}$, а при чистовом шлифовании ($Ra = 0,8–0,2$ мкм) – $0,2–0,3H_{кр}$, где $H_{кр}$ – высота шлифовального круга, мм.

При удалении припуска Z , мм, превышающего допустимую глубину резания t , шлифование производят за несколько рабочих ходов. Одним рабочим ходом называют одноразовое шлифование всей обрабатываемой поверхности с глубиной резания t . Число ходов i определяют по формуле $i = Z/t$, округляя результат в большую сторону до целого числа. Глубину резания при черновом шлифовании назначают в пределах $0,02–0,15$ мм. При чистовом шлифовании глубину резания устанавливают в диапазоне значений от $0,005$ до $0,02$ мм.

Назначение шлифовальных станков

Металлорежущие станки, предназначенные для обработки заготовок абразивными инструментами, составляют шлифовальную группу. Они могут различаться эксплуатационными параметрами, габаритами и степенью автоматизации. В зависимости от особенностей конструкции, функциональных возможностей, размеров и мощности шлифовальных станков их применяют для обработки различных видов поверхностей. При обычном шлифовании достигают параметра шероховатости поверхности $Ra = 1,25–0,32$ мкм, при точном шлифовании $Ra = 0,38–0,08$ мкм, а при отделочных операциях $Ra = 0,08–0,02$ мкм.

Классификация и расшифровка шлифовальных станков

Шлифовальные станки имеют широкую номенклатуру и отличаются по назначению, устройству, конструктивным параметрам, универсальности, степени автоматизации, точности и виду инструмента.

По степени универсальности металлорежущие станки подразделяют на универсальные для обработки деталей широкой номенклатуры в единичном и мелкосерийном производстве; специализированные для обработки однотипных деталей различных размеров в крупносерийном и массовом производстве; специальные для обработки деталей одного типоразмера в массовом производстве.

Все металлорежущие станки, в том числе и шлифовальные, в соответствии с ГОСТ 8-82Е изготавливают пяти классов точности; Н – нормальной; П – повышенной; В – высокой; А – особо высокой; С – особо точные.

По массе различают станки: легкие – массой до 1 т; средние – массой до 10 т; тяжелые – массой свыше 10 т. Особо тяжелые станки – массой свыше 100 т называют универсальными.

Маркировка шлифовальных станков

Условное обозначение модели станка состоит из сочетания трех-пяти цифр и одной-трех букв (например, 3Л722В).

Первая цифра обозначает шифр группы станков. Цифра 3 соответствует шлифовальным, полировальным и доводочным станкам (1 – токарным станкам; 2 – сверлильным и расточным станкам; 4 – комбинированным станкам; 5 – зубо- и резьбообрабатывающим станкам; 8 – разрезным станкам и 9 – разным станкам).

Вторая цифра обозначает типы шлифовальных станков:

- 1 – круглошлифовальные;
- 2 – внутришлифовальные;
- 3 – обдирочно-шлифовальные;
- 4 – специализированные шлифовальные;
- 5 – не применяется;
- 6 – заточные;
- 7 – плоскошлифовальные;
- 8 – притирочные и доводочные;
- 9 – разные.

Третья, а иногда и четвертая цифры характеризуют основные параметры станка или детали. Так, на станке 3М151 обрабатывают заготовки диаметром 200 мм и длиной 700 мм, а на станке 3М152, соответственно, 200 и 1000 мм.

Буквы, стоящие после цифр, указывают на модернизацию базовой модели станка, степень точности и особенности станка. Обычно первая из букв стоит после первой или второй цифры и указывает на то, что рассматриваемая конструкция станка усовершенствована, т. е. принадлежит к новому поколению станков (например, модель 3К229).

Маркировка шлифовального станка 3Л722В

3 – группа шлифовальных и доводочных станков

Л – поколение станка

7 – плоскошлифовальный тип

22 – станок определенного типоразмера с длиной и шириной стола 1250x320 мм

В – высокий класс точности

Для станков с программным управлением введена дополнительная индексация, которую проставляют в конце условного обозначения модели. В обозначении моделей станков с цикловым программным управлением

добавлена буква Ц.

Для обозначения станков с числовым программным управлением (ЧПУ) и устройством цифровой индикации (УЦИ) в условное обозначение модели введена буква Ф с цифрой: 1 – для станков с цифровой индикацией положения, а также станков с цифровой индикацией и предварительным ручным набором координат; 2 – для станков с позиционными системами ЧПУ; 3 – для станков с контурными системами ЧПУ; 4 – для станков с комбинированной системой ЧПУ.

Специальные и специализированные станки обозначают индексом, состоящим из одной или двух букв, присвоенных каждому заводу-изготовителю, который ставят перед шифром модели станка. При выпуске заводом-изготовителем нескольких моделей станка его шифр дополняют порядковым номером модели.

Типовые детали и механизмы шлифовальных станков

Несмотря на то что применяемое в производстве оборудование для шлифовки может значительно различаться по конструкционным составляющим, принципиальное устройство шлифовального станка имеет много общего у различных моделей. К примеру, вне зависимости от специализации, конструктивных особенностей или размеров шлифовального станка любое оборудование такого вида имеет в конструкции ряд основных типовых деталей и механизмов:

Станина – является основанием для всех узлов, в ней располагаются система управления, привод перемещения стола и другие элементы.

Рабочий стол – устанавливается на станине и рассчитан на совершение движений (возвратно-поступательных или круговых) с закрепленной на нем деталью.

Передняя и задняя бабки – предназначены для фиксации обрабатываемой заготовки.

Шлифовальная бабка – располагается на станине, имеет шпиндель для установки шлифовального диска.

Электрическое оборудование – сюда входят электродвигатели (основной привод шпинделя и приводы подачи), электропроводка, датчики, реле, переключатели и выключатели.

Гидравлическая часть – включает в себя систему гидроприводов и систему охлаждения.

Система управления – в зависимости от разновидности станка это может быть панель для ручного ввода команд, устройства цифровой индикации или полноценный блок с ЧПУ.

Перечисленные выше входящие в конструкцию шлифовального станка детали есть в оборудовании всех типов. В то же время отдельные виды специализированных станков для шлифовки имеют присущие только им конструктивные особенности и специфические узлы или механизмы.

Наиболее востребованными в промышленном производстве считаются следующие разновидности станков для шлифовки:

- плоскошлифовальные;
- круглошлифовальные;
- внутришлифовальные;
- бесцентрошлифовальные.

Плоскошлифовальные станки

Как следует из названия, станки предназначены для обработки плоских поверхностей. Как правило, они имеют рабочий стол (круглый или прямоугольный), а по размещенной над столом стойке перемещается шпиндельный узел. При обработке заготовка фиксируется на столе при помощи магнитных креплений, тисков или других приспособлений. Шлифовальный круг работает периферией.

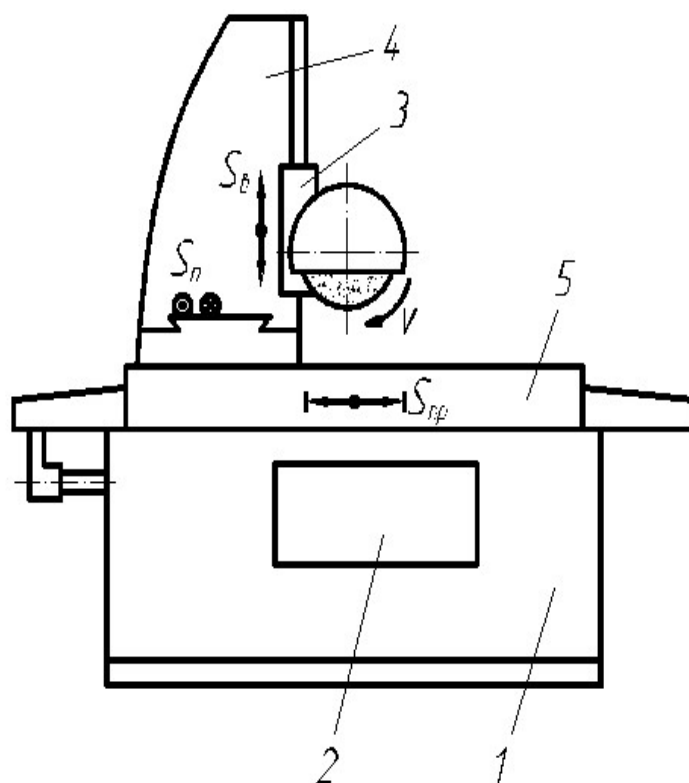


Рисунок 3.44 – Плоскошлифовальный станок:

- 1 – станина; 2 – привод стола; 3 – шлифовальная бабка (шпиндельный узел);
4 – колонна (стойка); 5 – стол

Круглошлифовальные станки

Станки напоминают токарные и предназначены для шлифовки длинных изделий с круглым сечением. Обрабатываемая заготовка зажимается в патрон передней бабки, при необходимости второй ее конец поджимается центром задней бабки. Суппорт имеет продольную и поперечную подачу. Или же стол

имеет продольную подачу, а шпиндельная бабка поперечную. Также в некоторых моделях шпиндельная бабка имеет возможность фиксации под определенным углом.

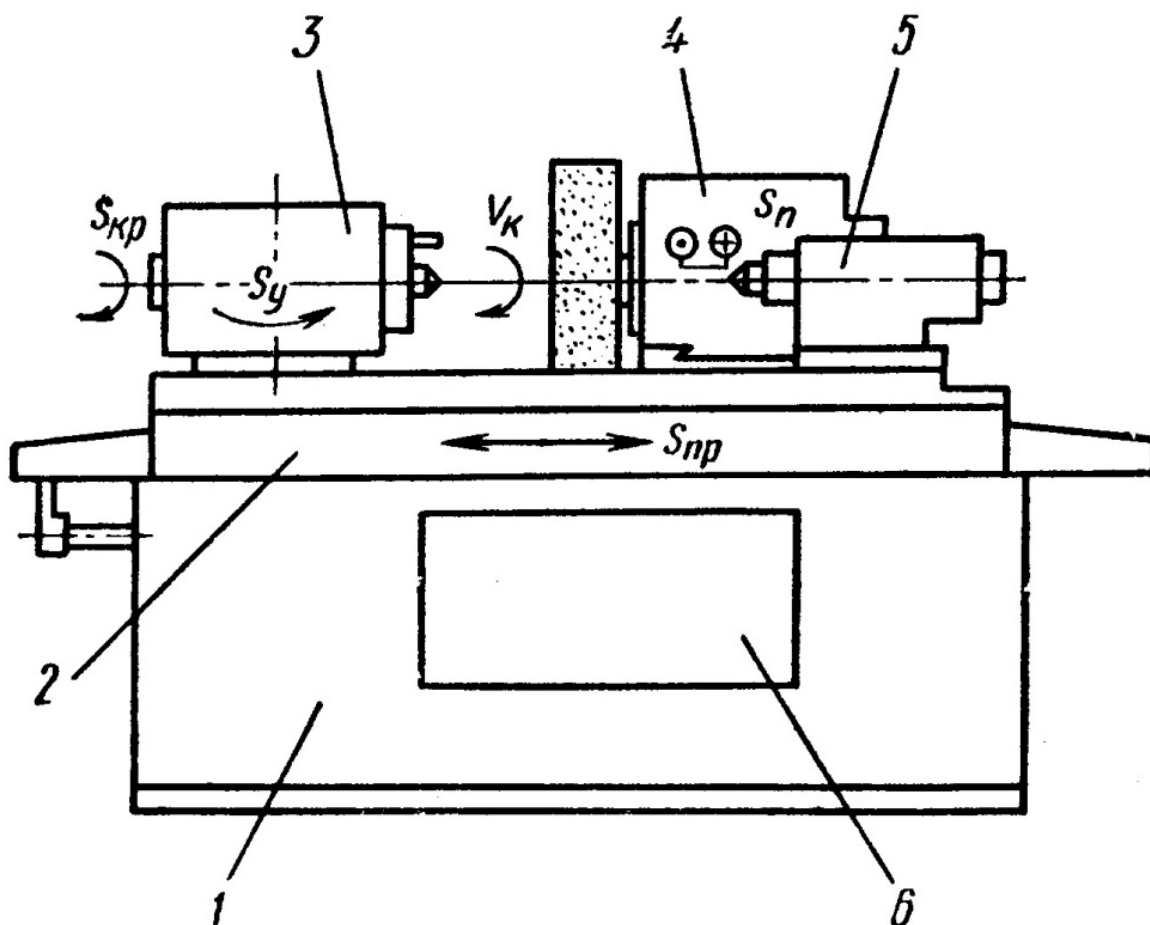


Рисунок 3.45 – Круглошлифовальный станок:
 1 – станина; 2 – стол; 3 – передняя бабка с патроном; 4 – задняя бабка;
 5 – шпиндельная (шлифовальная) бабка; 6 – привод стола

Внутришлифовальные станки

Станки такого типа применяют при шлифовке внутренних поверхностей цилиндрической или конической формы. Расположение шпинделя позволяет также обрабатывать и торцы изделий. В зависимости от типа заготовки при обработке на таком устройстве она может крепиться при помощи патрона или планшайбы, шпиндельный узел может перемещаться как в продольном, так и в поперечном направлении. Внутришлифовальный станок, как и шлифовальные станки других типов, оборудован системой охлаждения с магнитным сепаратором, электронасосом. Шпиндельная бабка может поворачиваться на угол до 45° , что делает возможным обрабатывать и внутренние конусные поверхности.

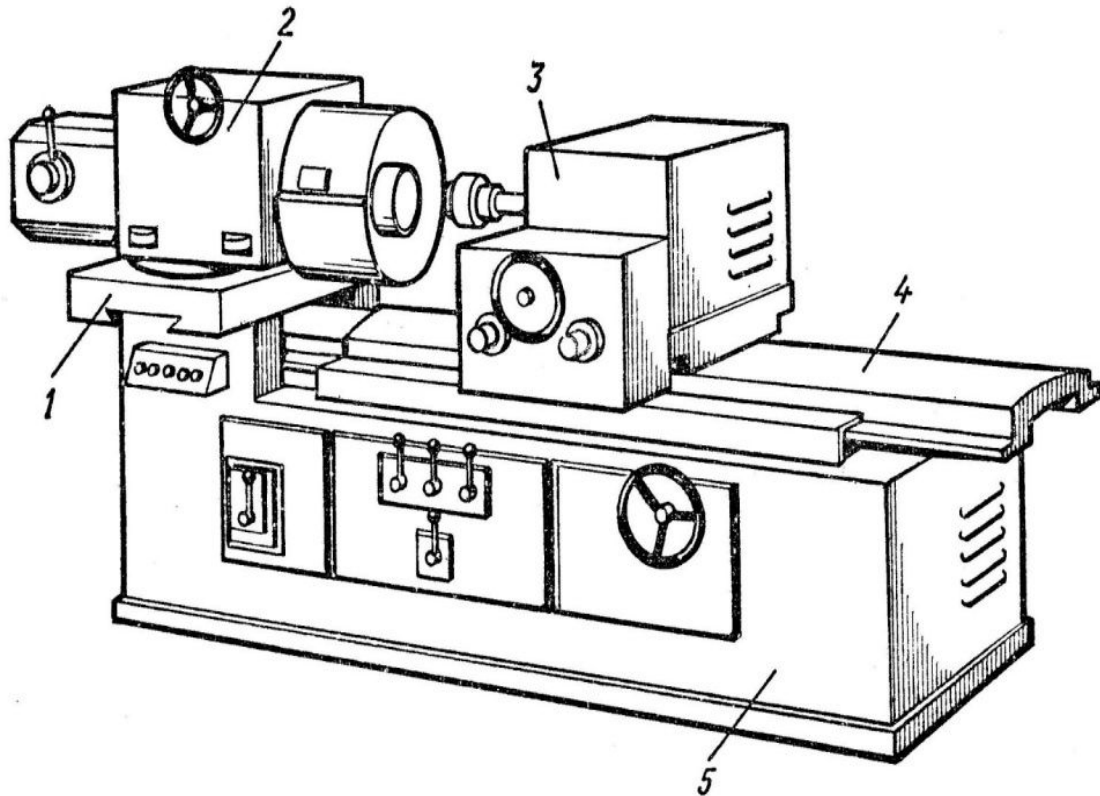


Рисунок 3.46 – Внутришлифовальный станок:
 1 – мост; 2 – передняя бабка; 3 – задняя бабка; 4 – стол; 5 – шпиндельная (шлифовальная) бабка; 6 – привод стола

Бесцентрошлифовальные станки

В этих станках обрабатываемая заготовка располагается на специальной опорной пластине (ноже) между двумя кругами – шлифовальным и приводным. Эти круги вращаются в одном направлении, но с разными скоростями. Трение между ведущим кругом и заготовкой больше, чем между ней и рабочим кругом. Вследствие этого заготовка увлекается во вращение со скоростью, близкой к окружной скорости ведущего круга.

Перед шлифованием ведущий круг устанавливают наклонно под углом $1-7^\circ$ к оси вращения заготовки. Вектор скорости этого круга разлагается на составляющие и возникает продольная подача $S_{ПР}$. Поэтому заготовка перемещается по ножу вдоль своей оси и может быть отшлифована на всю длину. Одним из плюсов оборудования этого типа является минимальное время загрузки и выгрузки заготовки, что делает такие станки незаменимыми в условиях массового производства изделий, то есть такие станки легко автоматизировать, установив наклонный лоток, по которому заготовки будут сползать на нож, проходить процесс шлифования и падать в тару.

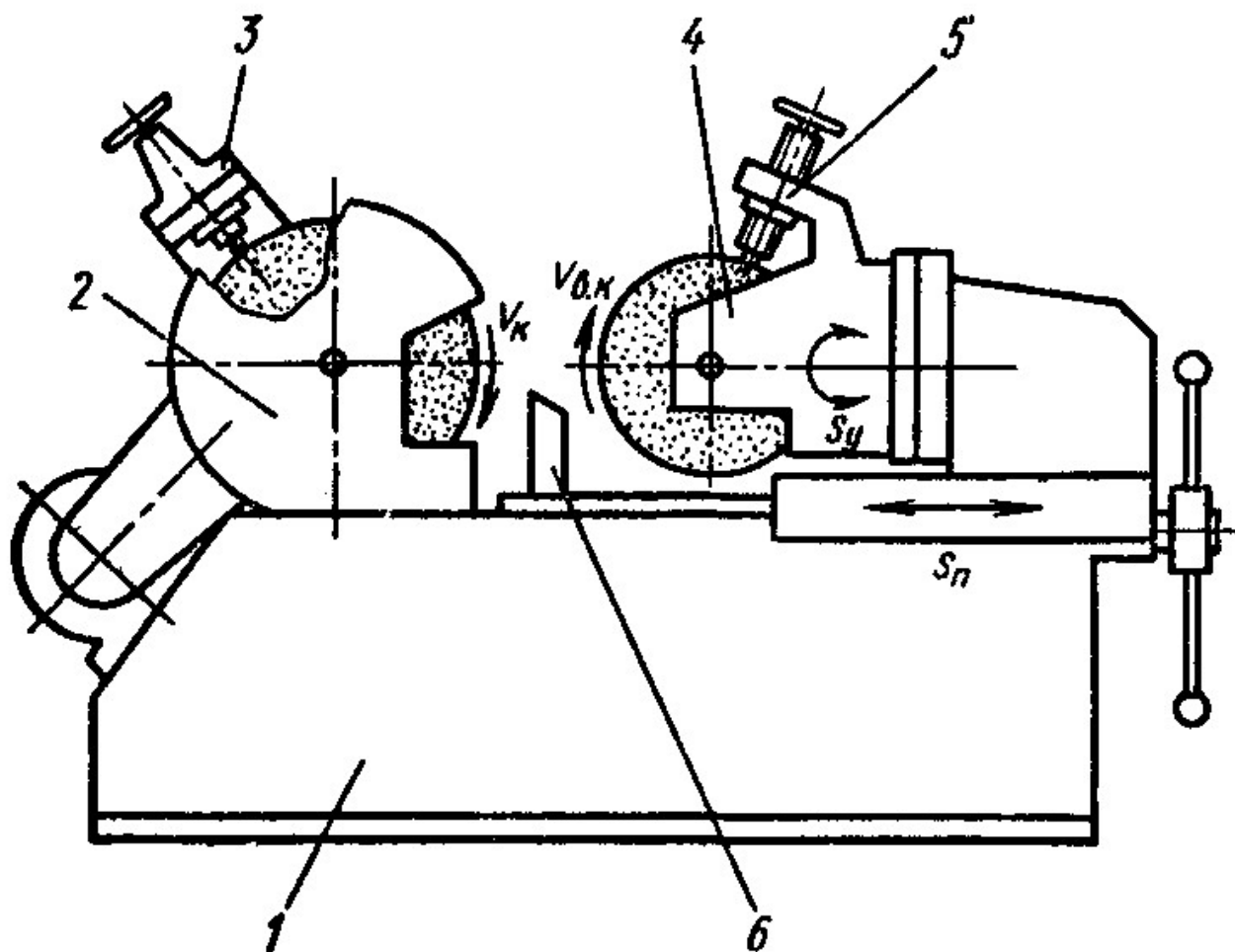


Рисунок 3.47 – Бесцентрошлифовальный станок:
 1 – станина; 2 – бабка со шлифующим кругом; 3, 5 – механизм для правки
 круга; 4 – ведущий шлифовальный круг; 6 – нож

На станине 1 бесцентрово-шлифовального станка (рис. 3.47) установлены два круга: шлифующий на бабке 2 и ведущий на бабке 4. Каждый из кругов подвергается периодической правке с помощью механизмов 3 и 5. Заготовка вращается на ноже 6 и одновременно контактирует с обоими кругами. Чтобы заготовка перемещалась по ножу с продольной подачей, бабку ведущего круга поворачивают на небольшой угол. Если шлифуют заготовки с уступами, то бабку ведущего круга не поворачивают, а вся она перемещается по направляющим станины с подачей до определенного положения.

Классификация шлифовальных кругов

Шлифовальный диск – абразивный инструмент, который применяют для удаления слоя материала и придания поверхности требуемой шероховатости. В угловых шлифовальных машинках абразивные круги часто выполняют роль режущего инструмента.

Виды шлифовальных кругов

Шлифовальные круги различают по следующим признакам:

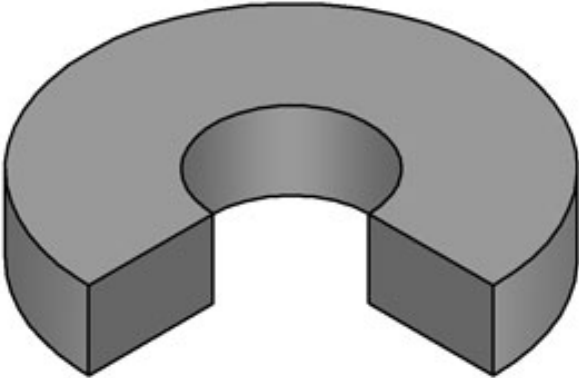
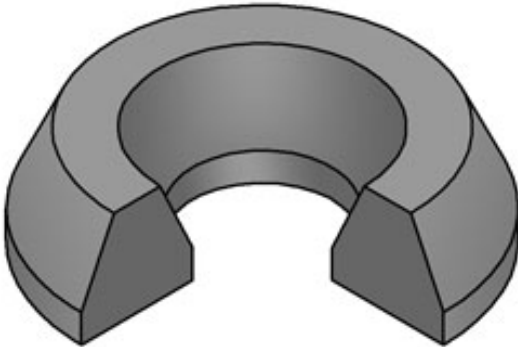
- форме;
- размеру;
- виду абразивного материала;
- величине зернистости;
- твердости.

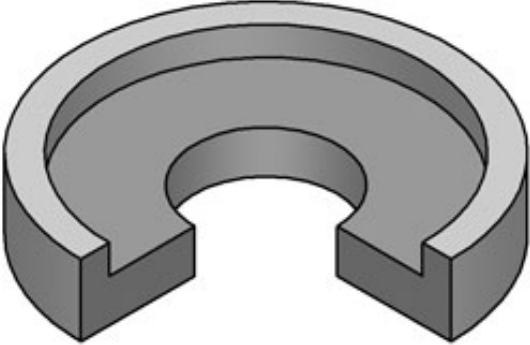
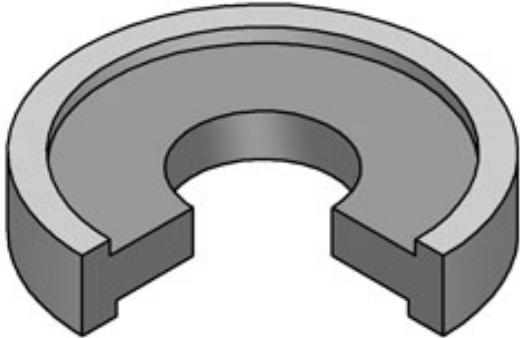
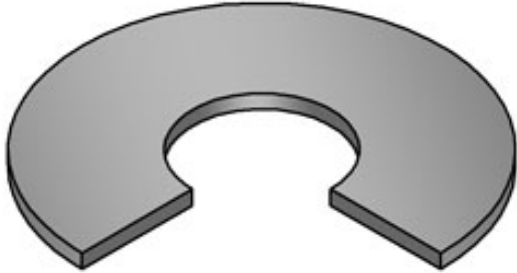
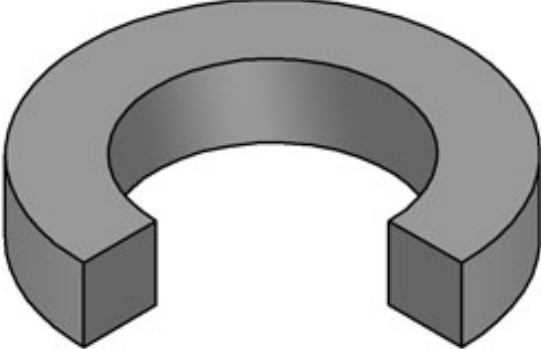
Рассмотрим наиболее распространенные классификации.

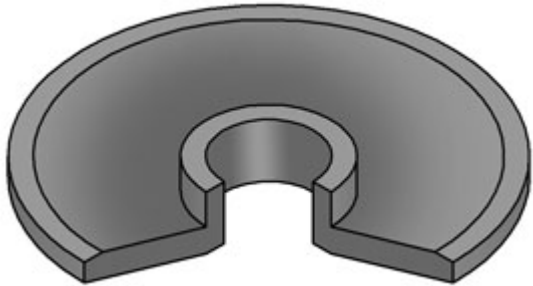
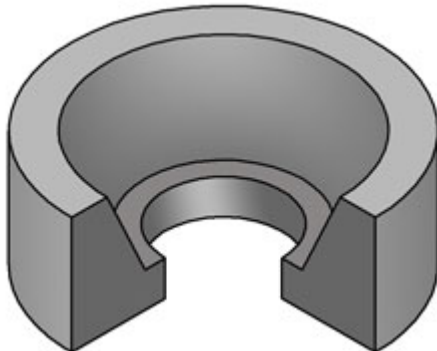
Форма шлифовального круга

Форма круга определяется характером выполняемых работ, наиболее распространены круги следующей формы (представлены в таблице 3.3).

Таблица 3.3 – Формы шлифовальных кругов

Форма круга	Изображение круга
Плоский прямого профиля	
Плоский конического профиля	

Форма круга	Изображение круга
Плоский с выточкой	
Плоский с двухсторонней выточкой	
Дисковый	
Кольцевой	

Форма круга	Изображение круга
Тарельчатый	
Чашечный	

Материал круга

Круг состоит из абразивного и связующего материала. В качестве абразива используют минералы естественного или искусственного происхождения:

- алмаз естественный (А);
- алмаз искусственный (АСО, АСП, АСВ);
- электрокорунд (Э);
- монокорунд (М);
- карбид кремния черный (КЧ);
- карбид кремния зеленый (КЗ);
- эльбор – кубический нитрид бора (КНБ).

Различные абразивные материалы предназначены для выполнения определенного рода работ (шлифование металла, зачистка, резка, обработка цветных металлов и т. д.).

Связующий материал

Связывающий материал должен удерживать зерна, не влияя на их абразивные свойства. Наибольшее распространение получили неорганические – керамические и органические – бакелитовые и вулканитовая.

Керамические связующие материалы (К) – полевой шпат, огнеупорную глину, тальк используют в кругах для шлифования.

Бакелитовые (Б) – искусственные смолы применяют для связи абразивных элементов в кругах, предназначены для шлифования закаленной стали,

прорезания узких пазов, заточки, доводки. Бакелитовый связующий материал применяют и в зачистном круге для дрели по металлу.

Вулканические материалы (В) входят в состав плоских кругов, отрезных дисков.

Зернистость абразивного материала

Стандартом ГОСТ 3647-71 установлены три группы зернистости: микропорошки, шлифпорошки, шлифзерно (табл. 3.4).

Таблица 3.4 – Зернистость шлифовальных кругов

Номер зернистости	Предельные размеры зерна, мкм
Шлифзерно	
200	2500-2000
160	2000-1600
125	1600-1250
100	1250-1000
80	1000-800
63	800-630
50	630-500
40	500-400
32	400-315
25	315-250
20	250-200
16	200-160
Шлифпорошки	
12	160-125
10	125-100
8	100-80
6	80-63
5	63-50
4	50-40
Микропорошки	
M40	40-28
M28	28-20
M20	20-14
M14	14-10
M10	10-7
M7	7-5
M5	5-3

Характеристики шлифовальных кругов

Твердость круга определяется прочностью связки, т. к. твердость абразивных элементов значительно выше.

Структура характеризуется внутренним строением и составом круга, соотношением и взаимным расположением частиц абразива и связки.

Размеры и форма диска определяются характером выполняемых работ.

Применение шлифовальных кругов для обработки металла

Для шлифования закаленной, незакаленной, высокоуглеродистой сталей используют шлифовальные круги из электрокорунда с зернистостью 40–32, для нержавеющей стали – из электрокорунда белого с зернистостью 40–32.

Для обработки алюминия, латуни, бронзы применяют круги с абразивным элементом – карбид кремния черного с содержанием SiC 95–97 % и зернистостью 40–32.

Для обработки твердых сплавов используют шлифовальные круги из карбида кремния зеленого с содержанием SiC 96–98 %.

Маркировка абразивных кругов

Маркируются шлифовальные круги на такие типы:

- с выточкой (ПВ – для круглой шлифовки);
- двухсторонние конические (ПВДК);
- прямого профиля (ПП – универсальный круг);
- с конической односторонней либо двухсторонней выточкой;
- кольцевые (К – подходят для плоского шлифования);
- тарельчатые (Т);
- чашечные конические или цилиндрические;
- с двусторонним коническим профилем (2П: область применения – резьбошлифование, шлицешлифование, зубошлифование).

Шлифовальные круги могут различаться по геометрической форме, виду абразивного материала, а также типу связки, зернистости круга, твердости и т. д. При выборе шлифкруга твердость и структура могут иметь большой вес, нежели вид абразива.

Согласно различным редакциям ГОСТов, маркировка кругов имеет различные параметры обозначений. Практически каждый производитель по-разному маркирует свои круги.

Так, полная маркировка разновидностей шлифовальных кругов содержит:

- тип круга;
- шлифовальный материал;
- размеры диска;
- степень твердости;
- размер зерна;
- структуру;
- связующее вещество;
- максимальную скорость вращения;

- класс точности;
- класс неуравновешенности.

К наиболее популярным и распространенным материалам, используемым при изготовлении шлифовальных кругов, относят:

Электрокорунд. При покупке такого круга можно увидеть белые, титановые, хромистые и циркониевые варианты. Основным используемым диском служит белый электрокорунд, который обладает высокой самозатачиваемостью. В работе с ним можно добиться более ровной и гладкой поверхности.

Карбид кремния. Различают черного и зеленого тона, отличается данный круг структурой и степенью хрупкости – он тверже и прочнее, чем первый вышеописанный вид. Область применения – работа с твердыми сплавами, фарфором и мрамором.

Эльбор. Этот вид шлифовального круга имеет наиболее твердый абразивный материал и высокую теплостойкость. Эльбор могут использовать для заточки режущих инструментов и других деталей, способных деформироваться от тепла, а также для работ с твердыми металлами.

Алмаз. Еще один твердый вид абразивных кругов. Его применяют в работе с твердыми материалами, стеклом и керамическими поверхностями. Он хорошо самозатачивается и также как и эльбор имеют высокую теплостойкость.

Независимо от типа абразивного материала, все круги характеризуются по параметрам прочности, износостойкости и термостойкости, однако при выборе следует учитывать главный параметр – твердость. Характеристика твердости прописана в нормах ГОСТа 2424 и вычисляется по специальным таблицам.

К примеру, тип шлифовального материала круга 25А F180 К 7 V – белый корунд. Существуют и другие типы известных абразивов:

- нормальные электрокорунды (13-16А);
- белые (23-25А);
- хромистые (33 и 34А);
- титанистый только один (37А);
- циркониевый тоже один (38А);
- монокорунды (43-45А);
- черный карбид кремния (53 и 54С);
- зеленый карбид кремния (62-64С).

При маркировке шлифовальных кругов производители указывают только его ширину (МКМ или F с числовым показателем величины зерна). Размер зерна не только показывает износостойкость абразива, но также играет важную роль при шлифовке той или иной поверхности.

Размер зернистости круга влияет на качество и чистоту обработки поверхности. Нужно учитывать материал, с которым работаете. Чтобы получить максимально чистую поверхность, следует купить круг с самым маленьким показателем зернистости. Однако человек, работающий с таким кругом, должен понимать, что он быстро засаливается, часто происходит

прижог обрабатываемого материала.

Согласно ГОСТу от 1980 г. [5], для измерения зернистости кругов используют единицы, равные 10 мкм. В современном варианте ГОСТа Р 52381-2005 круги маркируются буквой F с определенной цифрой (при увеличении числа степень зернистости понижается).

Например, номер зернистости по старому ГОСТу (M40-M5) и по-новому (F280, F320, F360, F400-F600, F800). Для расшифровки: такой диск применяют при окончательной доводке и хонинговании деталей с точностью 3–5 мкм и менее, а также суперфинишировании. Или размер 40, 32 по старому ГОСТу и F40, F46 по-новому: круги с такой зернистостью применяются для предварительной и окончательной шлифовки деталей с шероховатостью поверхностей 7–9 классов чистоты, а также для заточки режущих инструментов.

Маркировка абразивных кругов по размеру пишется так: $D \times T \times H$ (где D – наружный диаметр, T – высота, H является диаметром отверстия). Параметр D может достигать максимального размера в 1100 мм, значение H может быть до 305 мм, а параметр T варьируется от 0,18 мм до 250 мм.

Типы эльборовых и алмазных дисков подробнее описаны в ГОСТе 24747-90. Маркировка формы подобных шлифкругов состоит из трех или четырех символов, обозначающих форму сечения корпуса и слоя, его расположения на круге, а также предоставляют информацию о конструктивных особенностях корпуса.

Например, 150x16x32 – размер абразивного круга 25А электрокорунда белого.

Плотность структуры кругов для шлифовки обозначается процентным соотношением объема зерен абразива в единице объема круга. Чем больше абразива, тем плотнее будет структура шлифовального круга.

Если осуществлять заточку инструмента, круг с менее плотной структурой лучше подвержен очистке поверхности от частиц материала, создает меньше риска для возникновения деформации и быстрее охлаждается.

Зачастую специалисты используют диски средней твердости, однако все зависит от вида выполняемых работ, обрабатываемого покрытия и самого инструмента.

Какие бывают номера структур и объемы абразива в шлифовальном круге:

- к плотным структурам относят единицы измерения от 1 до 4;
- к средней плотности относятся цифры 5–8;
- к открытым – от 9 до 12;
- высокопористая структура наблюдается у кругов с показателями 13, 14.

Однако не следует путать показатели твердости круга с показателями твердости абразива. Согласно ГОСТ 2424, твердость шлифовального круга различают по заглавной букве.

По ГОСТу Р 52587-2006 существуют такие обозначения:

- очень мягкие – буквы F и G;
- к мягким кругам – H, I, J;

- к средней мягкости относят маркировку K, L;
- средние – это M, N;
- круги средней твердости имеют в обозначении буквы O, P, Q;
- твердые обозначаются как R и S;
- очень твердые – T, U;
- к чрезвычайно твердым относят V, W, X, Y, Z.

Какую твердость шлифовального круга выбрать? Это зависит от многих параметров – особенностей обрабатываемого материала или поверхности, физических свойств, конечно, мощности шлифовальной машинки. Если необходимо выдержать точную форму обрабатываемого материала, следует приобрести круг с высокой степенью твердости. Мягкие же применяются для предотвращения трещин и прижогов, также при шлифовке без дополнительного жидкостно-смазочного охлаждения поверхности.

К примеру, возьмем тот же шлифовальный круг 25А, у которого класс твердости K, а структура 7. Это означает, что этот диск относится к среднемягким и имеет среднюю структуру абразива.

Связка является показателем скрепления между собой абразивных зерен. Современные круги для шлифовки имеют три вида связок:

- V (керамическая, ранее маркировалась буквой K);
- B (бакелитовая, ранее известная как Б4 и БУ);
- R (вулканическая, раньше обозначалась буквой В).

Круги с керамической маркировкой имеют смешанные и измельченные в различных пропорциях материалы, такие как кварц, песок, глину и т. п. Такие круги достаточно высокопрочные. Однако применять их при силовом шлифовании металла не следует.

Бакелитовые или круги из искусственной смолы высокоэластичны и термостойки. Часто бакелит смешивают с упрочняющими элементами, например, с графитом.

Вулканическая связка состоит в основном из каучука, применяют такие круги в отдельных отраслях обработки.

На примере шлифовального круга 25А F180 K 7 V рассмотрим тип связки, где обозначение V относит данный диск к керамической связке.

Класс точности имеет три значения: АА, А и Б. Первый тип применяют для работ на станках, автоматических линиях. Класс А довольно точный, а круги класса Б применяются для менее ответственных операций при обработке поверхностей.

Неустойчивость имеет четыре класса (от 1 – самый точный до 4 – самый грубый). Это обозначение показывает специалисту отношение массы абразивного диска к точности его геометрической формы. Зачастую маркировка классов точности и неустойчивости указаны рядом.

Например, шлифовальный круг 25А F46 L 6 V 35 Б 3 имеет показатели точности Б и неустойчивости 3.

Так, круги с маркировкой АА имеют наименьшую неуровненность, с точностью А – 1 и 2, с буквенным обозначением Б – от 1 до 4 классов.

Характеристика шлифовальных лент

Шлифовальная лента – абразивный расходный материал, предназначенный для обработки металлических и деревянных деталей. В зависимости от специфики осуществляемых работ для шлифования используются различные виды лент. Они отличаются друг от друга эксплуатационными характеристиками, эффективностью обработки деталей, износостойкостью и т. д.

Шлифовальная лента (шлифлента) – гибкий материал на тканевой или бумажной основе, на который нанесен тонкий слой абразива. Используется для машинной или ручной обработки различных материалов:

- металла;
- стекла;
- стекловолокна;
- древесины;
- пластика.

Ленточное шлифование применяется для устранения шероховатостей, обработки швов, удаления краски и т. д. Благодаря большому выбору материалов, из которых производятся ленты, их можно использовать для решения множества задач. Производители электроинструмента и комплектующих изготавливают несколько видов шлифовальных лент для: ручных шлифмашинок; шлифовальных станков; пневмоинструментов; УШМ; эксцентриковых шлифмашинок.

Обработка поверхностей с помощью специальных станков и ручного инструмента способствует подготовке материалов к покраске и покрытию лаком. В зависимости от используемого типа абразивной ленты можно осуществлять шлифовку и полировку изделий со сложной геометрией.

Виды шлифовальных лент

Абразивно-ленточное шлифование осуществляется с помощью различных расходных материалов, которые отличаются друг от друга по нескольким параметрам. Одни используются для черновой обработки металла или дерева, а другие – для чистовой.

По степени твердости шлифовальные ленты можно разделить на три вида:

- мягкие;
- твердые;
- сверхтвердые.

Первые два вида абразивных лент применяют для черновой шлифовки и выравнивания поверхностей. Мягкие зернистые материалы обрабатывают детали со сложной геометрией, что позволяет добиться гладкости при полировке.

Для большинства ленточных шлифовальных машинок (ЛШМ) используются бесконечные абразивные ленты, концы которых соединены

между собой. В зависимости от способа соединения различают такие виды лент:

Шов А – соединение ленты внахлест без компенсации абразива в месте склеивания концов;

Шов В – соединение концов ленты внахлест с компенсацией абразива в месте состыковки;

Шов Т – соединение краев ленты стык в стык при вертикальном разрезе;

Шов TS – волнообразное соединение шлифовальной ленты стык в стык;

Шов TT – соединение концов ленты встык со стороны нанесенного слоя абразива на подложке.

Материалы абразивного зерна для лент

Качество ленточного шлифования определяется степенью износостойкости абразивного слоя, который может состоять из порошка различных материалов. Чаще всего шлифовальные ленты идут со следующими типами напыления:

- оксид алюминия – хрупкий материал, который чаще всего используется в деревообрабатывающей промышленности;

- карбид кремния – прочный и износостойкий материал, предназначенный для шлифования металла, стекловолокна, твердого пластика и окрашенных поверхностей;

- гранат – абразив высокой прочности, который чаще используется для обработки деревянных заготовок;

- цирконат – износостойкий и крупнозернистый абразив, предназначенный для грубого ленточного шлифования металла, дерева, пластика;

- компакт-зерно – зернистый материал, который применяется для шлифовки изделий из нержавеющей или черной стали;

- керамический абразив – твердый материал, использующийся для шлифовки и выравнивания древесины.

В тяжелой промышленности широко применяются шлифовальные ленты, изготовленные с использованием технологии микрорепликации. Абразивный слой лент состоит из структурированных зерен. В случае их использования на ленточных станках удается добиться высококачественного финишного шлифования металлических поверхностей.

Размеры шлифовальных лент

Во время выбора подходящей шлифовальной ленты для инструмента нужно учитывать два параметра – длину и ширину. Для ручных ЛШМ и станков чаще всего производятся ленты с длиной от 350 до 600 мм. Чтобы подобрать подходящий размер, необходимо измерять рабочую длину на станке или ручном гриндере.

Ширина шлифовальной ленты варьируется в диапазоне от 30 до 150 мм. Чаще всего для электроинструмента выбирают абразивные полотна с шириной 76 мм. Такой размер подходит для большинства стационарных станков и ручного инструмента.

Зернистость шлифовальных лент

Степень зернистости шлифовальной ленты влияет на качество обработки поверхностей различных материалов. Классификация шлифлент осуществляется по размеру зерен: чем выше показатель зернистости, тем мягче обработка.

Особо крупная зернистость. Шлифленты с очень крупными зёрнами (P22–P36) используются для черновой шлифовки и выравнивания поверхностей. Размеры гранул в таких лентах находятся в диапазоне от 500 до 1000 мкм.

Крупная зернистость. Если зернистость шлифовальной ленты составляет P40–P60, такой инструмент будет использоваться для стартовой обработки древесины. Благодаря достаточно большому размеру гранул (250–500 мкм), такие ленты долго не забиваются пылью.

Шлифленты для первичной обработки. Абразивные материалы (P70–P120) применяются для зачистки поверхностей при необходимости удаления старой краски, ржавчины и т. д. Размер зерен в ленте не превышает 100–250 мкм.

Шлифленты для финальной зачистки. Ленты с достаточно мелкой зернистостью используются для финальной абразивной обработки поверхностей перед полировкой. Размеры гранул для P150–P220 не превышают 63–100 мкм.

Шлифовальные ленты для финишной шлифовки. Применяются для финальной обработки деревянных изделий из твердых пород дерева. Размеры гранул абразива P240–P280 составляют 40–63 мкм.

Шлифленты для полировки. Используются для придания гладкости окрашенным поверхностям. Часто применяется перед полировкой мокрым способом. Зерна шлифлент P400–P600 маленькие (20–40 мкм), поэтому они быстро забиваются пылью и остатками краски;

Шлифленты для тонкой полировки. Такие ленты предназначены для финальной обработки металла, керамики или лакированной древесины. Гранулы шлифлент P1000 имеют размер до 14 мкм;

Также существуют ленты для деликатной полировки, с помощью которых уже готовым изделиям придают блеск и гладкость. Их можно использовать для шлифовки неровностей после покраски.

Маркировка шлифовальных лент

Зернистость – один из важнейших показателей шлифовальных лент. В зависимости от назначения абразивного материала размеры зерен могут колебаться от нескольких миллиметров до микрон. Широкое распространение в мире получил стандарт маркировки ISO 6344 (FEPA).

Согласно общепринятой классификации, зернистость абразивного слоя обозначается английской литерой «P» и числом от 12 до 2500. Зерно абразива тем мельче, чем больше числовая составляющая маркировки. Иными словами, шлифовальная лента P100 может использоваться для первичной обработки материалов, а лента типа P2000 – для финишной полировки или деликатной шлифовки мокрым способом.

Приспособления для шлифовальных станков

В зависимости от типа шлифовального станка станочные приспособления значительно отличаются по своим конструкциям. Рассмотрим в качестве примеров приспособления для центровых круглошлифовальных, внутришлифовальных, плоскошлифовальных и бесцентровых круглошлифовальных станков.

Приспособления для центровых круглошлифовальных станков

Они подразделяются на следующие конструктивные группы: приспособления для обработки в центрах, поводковые устройства, шлифовальные оправки.

Важнейшим показателем, определяющим конструкцию базовой части и сменных наладок приспособления, являются требования к точности обработки.

При шлифовании в неподвижных центрах заготовку устанавливают в центрах передней и задней бабок (рис. 3.48, а).

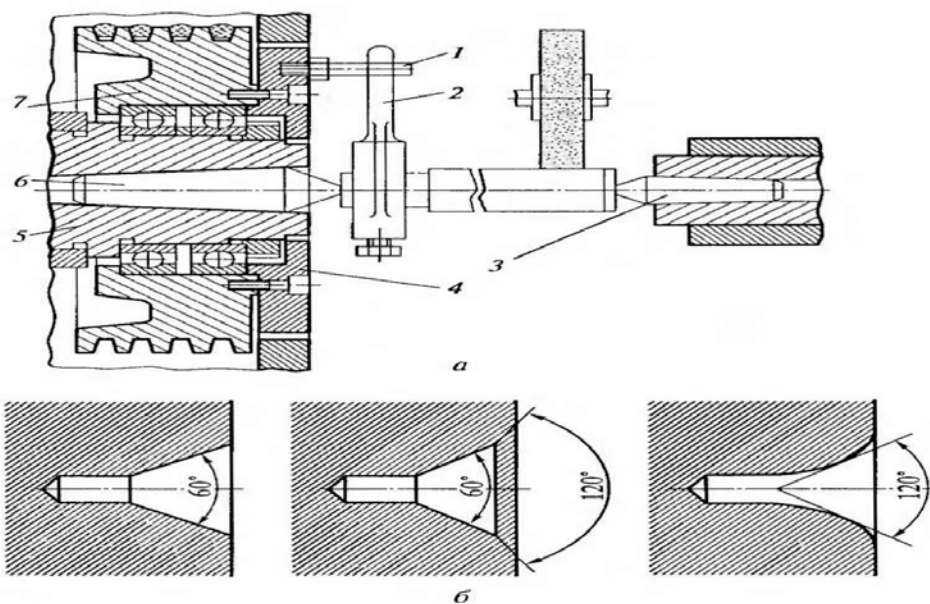


Рисунок 3.48 – Схема установки заготовки в упорных центрах круглошлифовального станка (а) и формы центровых отверстий на заготовках (б):

1, 2 – поводки; 3 – задний центр; 4 – планшайба; 5 – передняя бабка;
6 – передний центр; 7 – шкив

Упорные центры имеют конический хвостовик, который легко входит в отверстия передней и задней бабок и также легко вынимается из них. Рабочий конец центра шлифуют на конус с углом при вершине 60° , он входит в центровые отверстия на торце заготовки и поддерживает ее во время обработки. Размеры применяемых упорных центров стандартизованы.

Для установки заготовки на ней делают центровые отверстия. На рисунке

3.48, б показаны три формы центровых отверстий: без предохранительного конуса, с предохранительным конусом, с выпуклой образующей. Большие погрешности в форме заготовки при обработке ее в упорных центрах происходят из-за неправильного выполнения петровых отверстий.

Наиболее простое поводковое устройство для передачи вращательного движения заготовке – винтовой хомутик (рис. 3.49, а), установка и закрепление которого требуют много времени. Поводковые винтовые хомутики имеют один поводок, поэтому форма заготовки в поперечном сечении искажается под давлением между поводком и хомутиком и деталь получается некруглой.

Для сокращения времени на закрепление заготовки применяют поводковые патроны для резьбовых концов шпинделей (рис. 3.49 б), позволяющие шлифовать заготовку за одну установку. Корпус 3 такого патрона навертывают на шпиндель 2 передней бабки. Закрепленный винтом 5 качающийся поводок 1 входит во вспомогательное отверстие 6 заготовки и передает ей вращательное движение. Передний центр 4 срезан. Такой патрон можно применять только для заготовок диаметром не менее 40 мм.

На рисунке 3.49, в приведена схема хомутка с двумя поводками. Такая конструкция позволяет устранить погрешность хомутиков.

В кольцевом зазоре между корпусом 8 и крышкой 7 расположены шарики 13, рычаги 10 и 15, нажимные сухари 12 и 14. Эксцентрик 11, установленный на кривошипе 9, служит для зажима заготовки, которая центрируется призмой, расположенной в корпусе 8. Поворотом кривошипа 9 эксцентриситет увеличивается или уменьшается, что даст возможность использовать хомутик для определенного диапазона диаметров заготовок. Заготовку 17 с хомутиком устанавливают в упорных центрах, а планшайбу приводят во вращательное движение. Поводковый палец нажимает на рычаг 10, передающий усилие нажимным сухарям 12 к 14, шарикам 13 и рычагу 15, который прижимается к поводковому пальцу 16. Поэтому окружное усилие делится на равные части между обоими хвостовиками и горизонтальные составляющие взаимно уравновешиваются как направленные в разные стороны.

На рисунке 3.49, г показан самозажимной поводковый патрон. На диске 29, который устанавливают и фиксируют на шпинделе станка винтами 21, винтами 27 закрепляют планшайбу 30. Между отверстиями в планшайбе и винтами имеется зазор, поэтому планшайба может перемещаться относительно диска 29. Это дает возможность шлифовать заготовки, у которых ось центрового отверстия не совпадает с осью шейки. Плоские пружины 26, закрепляемые в пазах диска винтами 28, играют роль амортизаторов. Три радиально расположенных на планшайбе зажимных кулачка 25 перемещаются к центру под действием пружин 24. Через сухари 22 кулачки опираются на ось 19, закрепленную винтом 20. Расхождение кулачков регулируют пробками 18, которые стопорят винтами 23. В осевом направлении кулачки перемещают пружиной 31.

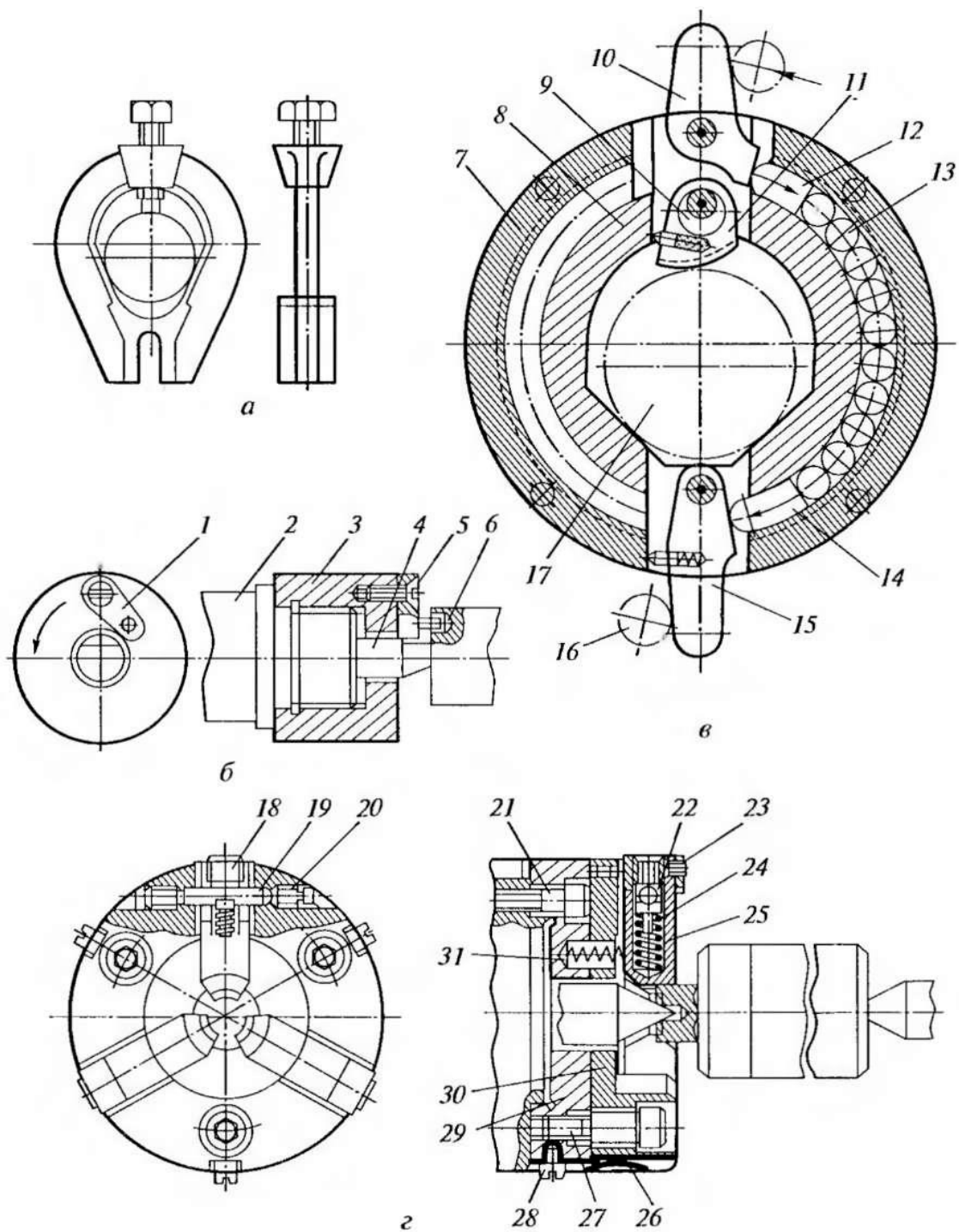


Рисунок 3.49 – Поводковые устройства:

a – винтовой хомутик; *б* – поводковый патрон для резьбовых концов шпинделей; *в* – хомутик с двумя поводками; *г* – самозажимной поводковый патрон; 1 – качающийся поводок; 2 – шпindelь передней бабки; 3 – корпус; 4 – передний центр; 5, 20, 21, 23, 27, 28 – винты; 6 – вспомогательное отверстие заготовки; 7 – крышка; 8 – корпус; 9 – кривошип; 10, 15 – рычаги; 11 – эксцентрик; 12, 14 – нажимные сухари; 13 – шарики; 16 – поводковый палец; 17 – заготовка; 18 – пробка; 19 – ось; 22 – сухарь; 24 – пружина; 25 – зажимной кулачок; 26 – плоская пружина; 29 – диск; 30 – планшайба; 31 – пружина

Заготовки с большими отверстиями шлифуют на шлифовальных оправках, которые устанавливают в упорные центры. Центровые отверстия у оправок должны быть закалены и тщательно обработаны. Шлифовальные оправки бывают жесткими, разжимными, раздвижными и с гидропластовым зажимом.

Жесткие оправки показаны на рисунке 3.50. Заготовку 4 (рис. 3.50, *а*) надевают на оправку со стороны ее приемного конуса 1, продвигают по цилиндрической части 2 и заклинивают на конусе 3. Перемещение заготовки осуществляется по конусу 3. Если отверстие заготовки неточно, то ее закрепляют по торцу. При обработке коротких заготовок на одну оправку можно насадить несколько заготовок (рис. 3.50, *б*), закрепив их гайкой. Если диаметр гайки меньше диаметра отверстия заготовки, то под гайку подкладывают разрезную шайбу (рис. 3.50, *в*). При обработке тонкостенных заготовок применяют разжимные цанговые оправки (рис. 3.50, *г*). Цанга 6 с продольными прорезями, перемещаясь с помощью гайки 9 по конусу 7, упруго разжимается и закрепляет заготовку 8. Штифт 10 удерживает ее от поворота, а гайка 5 служит для разжима при снятии обработанной детали.

Для обработки коротких деталей применяют раздвижные консольные шариковые оправки (рис. 3.50, *д*). В сепараторе 13 имеется шесть отверстий с шариками 12, находящимися в контакте с конусом корпуса 11 оправки. Осевое перемещение сепаратора в оправке производится винтом 15 через скользящую втулку 14, к которой прикреплен сепаратор. При перемещении шариков заготовка центрируется и одновременно поджимается к осевому упору.

Оправки с гидравлическим или гидропластовым зажимом (рис. 3.50, *е, ж*) легче приспособить к неточностям формы базового отверстия. В такие оправки зажимают заготовки благодаря деформированию тонкостенного цилиндра, находящегося под равномерным давлением изнутри. Для создания давления используется жидкость или пластмасса.

На корпус оправки (рис. 3.50, *е*) напрессована втулка 17 и установлена центрирующая втулка 19, которая стопорится винтом 21. Пространство между корпусом и втулкой заливается гидропластом 20. Усилие зажима передается плунжером 18 через винт 16. В оправках есть отверстие для выхода воздуха, которое перекрывается прокладкой 23 и винтом 22.

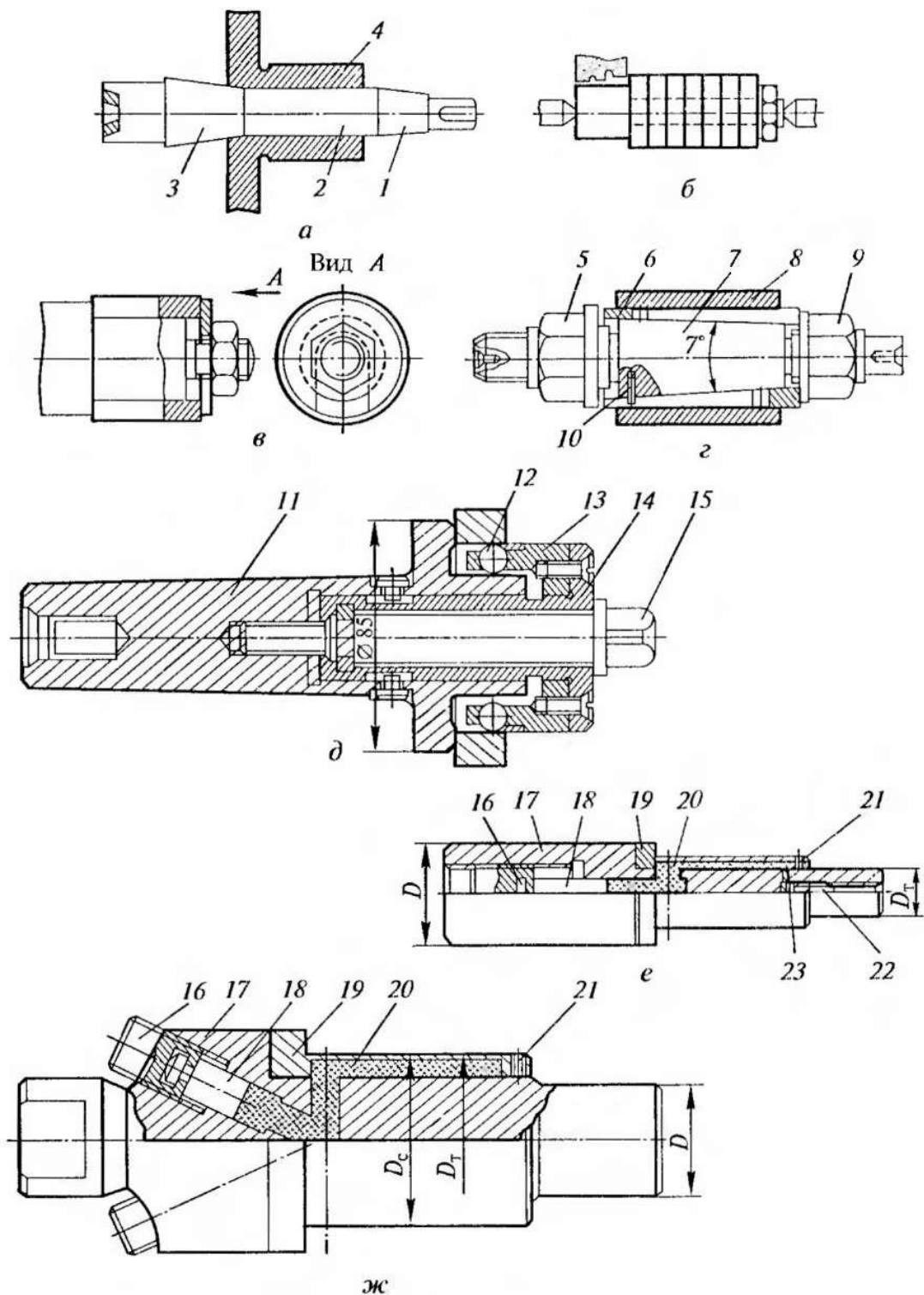


Рисунок 3.50 – Жесткие оправки:

а – с установкой по конусу; *б* – с закреплением по торцу; *в* – с подкладной шайбой; *г* – разжимная; *д* – раздвижная; *е*, *ж* – с гидропластовым зажимом; 1, 3, 7 – конусы оправки; 2 – цилиндрическая часть оправки; 4, 8 – заготовки; 5, 9 – гайки; 6 – цанга; 10 – штифт; 11 – корпус оправки; 12 – шарик; 13 – сепаратор; 14, 17, 19 – втулки; 15, 16, 21, 22 – винты; 18 – плунжер; 20 – гидропласт; 23 – прокладка; D_c , D_r – посадочные диаметры оправок

Точность центрирования оправки с гидропластом (рис. 3.50, *ж*) зависит от точности изготовления корпуса и втулки. Корпус изготавливают из стали 20Х с последующей цементацией и закалкой до твердости *HRC* 55–58. Шероховатость центровых отверстий оправки – не ниже 9-го класса. Биение контрольных поясков D_T и посадочного диаметра D_c – не более 2 мкм. Для оправок диаметром до 40 мм втулку изготавливают из стали 40Х с последующей закалкой до твердости *HRC* 35–40; для оправок свыше 40 мм – из стали У7 с закалкой до твердости *HRC* 33–35. Окончательно оправку шлифуют после заливки гидропласта и небольшого поджатия плунжером 18. Шероховатость поверхности после шлифования – 8–9-й класс. Биение по контрольным поясам и посадочному диаметру D_c оправки – не более 2–5 мкм. Корпус оправки может одновременно служить и поводком, который заменяет хомутик.

Длинные и тонкие заготовки под действием сил резания при шлифовании прогибаются. Чтобы устранить прогиб, применяют особые приспособления – люнеты. Число устанавливаемых люнетов определяется соотношением диаметра и длины заготовки: чем заготовка тоньше и длиннее, тем больше люнетов необходимо установить.

На рисунке 3.51, *а* показан стационарный люнет, корпус которого устанавливают на столе 1 станка. Заготовку 5 поддерживают двумя башмаками: башмак 4 подводят к заготовке винтом 3, а башмак 6 устанавливают винтом 2 и двуплечим рычагом.

Самоцентрирующий люнет (рис. 3.51, *б*), обеспечивающий практически неизменное положение оси заготовки, при обработке устанавливают на столе станка. На плите 8 закреплены оси качающихся рычагов 9 и 11, губки которых армированы твердым сплавом. Контакт губок с заготовкой 10 обеспечивается толкателем 12 нажимного механизма с пружиной 14, расположенного во втулке 13, путем поворота маховичка 16, связанного с валом 15, на котором нарезана резьба. Для настройки люнета поворачивают эксцентриковые валики 7. При этом плита смещает оси заготовок в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Люнет настраивают по эталонной заготовке. Губки люнета притирают алмазной пастой также по эталонной заготовке на станке.

В крупносерийном и массовом производстве используют следящий люнет (рис. 3.51, *в*), механизм которого обеспечивает слежение губок за изменением диаметра шлифуемой поверхности. Основание 35 люнета закрепляют на столе станка. Корпус люнета состоит из двух взаимно параллельных и жестко соединенных между собой пластин 17. Проставкой между пластинами служат упор 29 и верхняя часть упругого шарнира 33. На качающемся рычаге 18 установлены две губки. Рычаг 34, на котором закреплена нижняя губка, связан с рычагом 18 посредством тяги 31 через оси 32 и 30. Оси, на которых установлены рычаги 34 и 18, жестко связаны с корпусом люнета.

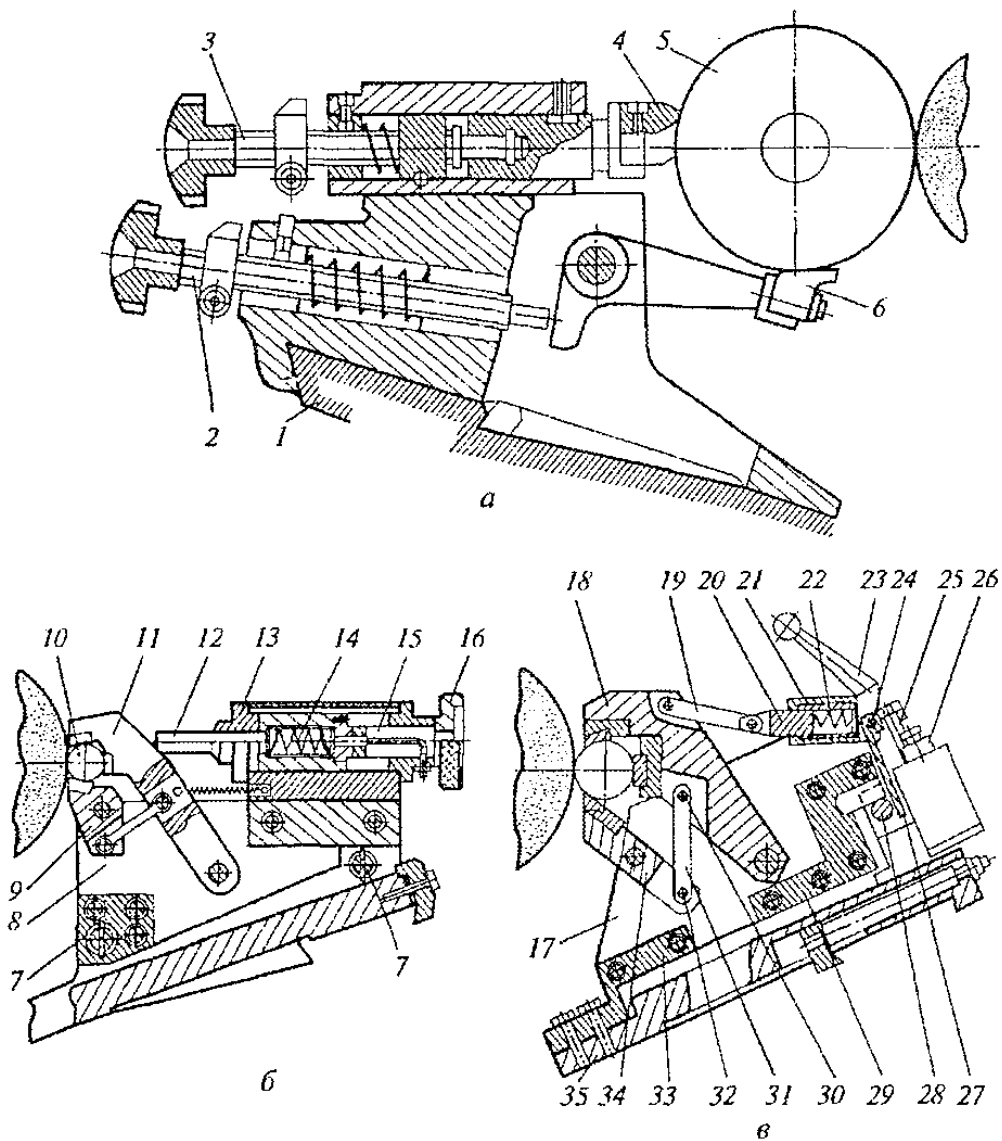


Рисунок 3.51 – Лунеты:

а – стационарный; *б* – самоцентрирующий; *в* – следящий; 1 – стол станка; 2, 3, 25 – винты; 4, 6 – башмаки; 5, 10 – заготовки; 7 – эксцентриковый валик; 8 – плита; 9, 11 – качающиеся рычаги; 12 – толкатель; 13 – втулка; 14, 22 – пружины; 15 – вал; 16 – маховичок; 17 – пластина; 18, 34 – рычаги; 19 – тяга; 20 – плунжер; 21 – корпус; 23 – рукоятка; 24, 30, 32 – оси; 26 – шток; 27 – плоская пружина; 28 – эксцентриковый валик; 29 – упор; 31 – тяга; 33 – упругий шарнир; 35 – основание лунета

Нажимной механизм состоит из корпуса 21, установленного на ось 24, плунжера 20, пружины 22 и тяги 19, обеспечивающей постоянный контакт губок с заготовкой при шлифовании. Для отвода губок от детали корпус 21 поворачивают рукояткой 23.

При обдирочном шлифовании корпус лунета соединен с основанием только упругим шарниром 33 и опирается на шток 26 гидравлического демпфера. При шлифовании эксцентриковая шейка заготовки качает корпус лунета на упругом шарнире, в результате чего происходит неодинаковый съем

металла и исправление ее биения. Демпфер обеспечивает устойчивость процесса шлифования.

При чистовом шлифовании корпус люнета жестко соединяют с основанием. Эксцентриковый валик 28 поворачивают против часовой стрелки и подводят его шейку под упор 29. Для увеличения жесткости контакта корпуса с основанием служит плоская пружина 27, установленная на ось 24. Натяг пружины 27 регулируют винтом 25. Таким образом, жесткое соединение корпуса с основанием обеспечивает высокую точность формы обработанной детали в продольном и поперечном сечениях.

Приспособления для внутришлифовальных станков

Приспособления для внутришлифовальных станков – самоцентрирующиеся трехкулачковые патроны высокой точности с ручным или механизированным зажимом (наиболее распространены в условиях серийного производства). В условиях массового производства большое распространение получили специальные приспособления – мембранные патроны, применяемые для уменьшения деформации заготовок и повышения точности обработки.

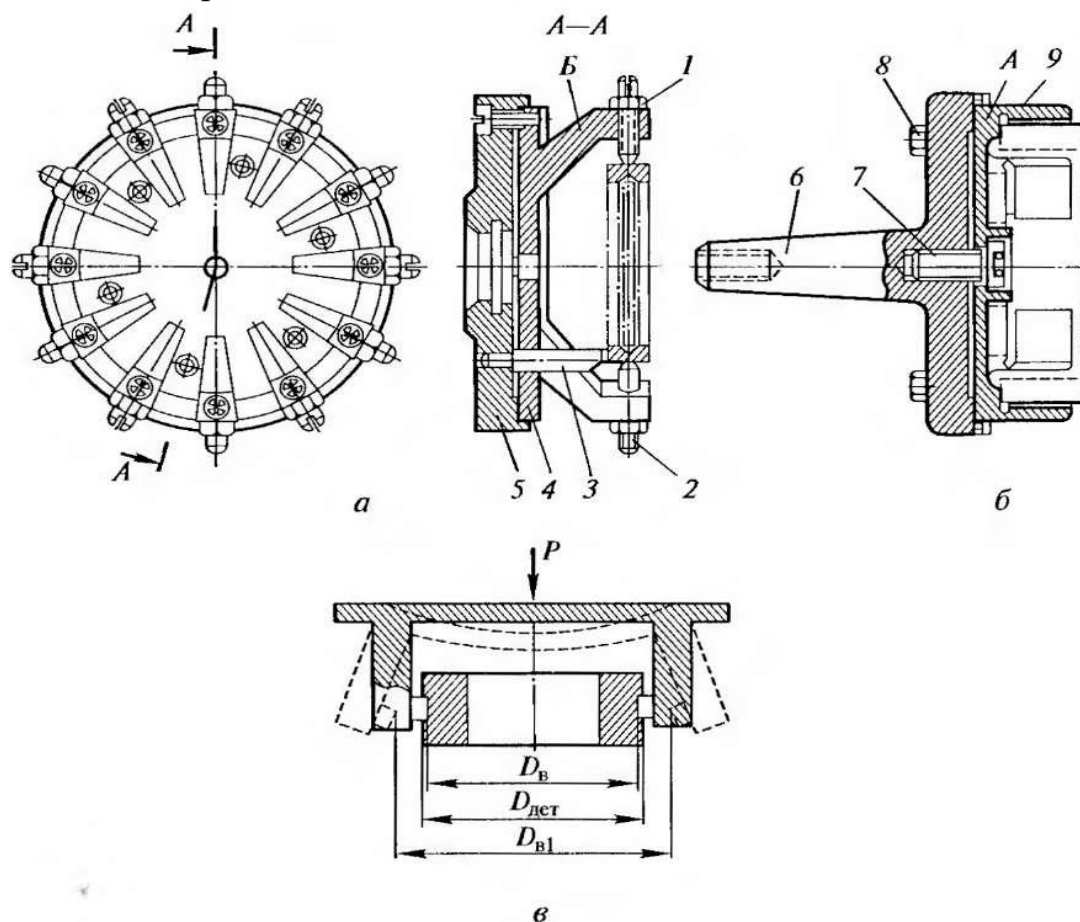


Рисунок 3.52 – Мембранные патроны:

а – винтовой; *б* – кулачковый; *в* – принцип действия конструкции; 1 – гайка; 2, 8 – винты; 3 – упор; 4, 9 – мембраны; 5 – планшайба; 6 – оправка; 7 – нажимной винт

По своей конструкции мембранные патроны разделяют на винтовые и кулачковые. Винтовой мембранный патрон показан на рисунке 3.52, а. Кулачки *Б* патрона изготавливают из пружинной стали 65Г или стали У7 за одно целое с мембраной 4, прикрепляемой винтами к планшайбе 5. *Б* планшайба навинчивается на бабку станка. В кулачки *Б* ввернуты винты 2, фиксируемые гайками 1. Винты определяют положение заготовки в радиальном направлении; в осевом направлении перемещение ограничивается упорами 3, запрессованными в планшайбу.

На рисунке 3.52, б показан кулачковый мембранный патрон, состоящий из оправки 6, нажимного винта 7 и мембраны 9, установленной в выточке оправки.

К фланцу оправки патрон прикрепляется винтами 8. Мембрана 9, представляющая собой тонкостенный диск с шестью выступами-кулачками, работает как плоская пружина. После установки заготовки до упора *А* вращением нажимного винта 7 прогибают мембрану 9 и зажимают заготовку.

Принципы действия различных вариантов мембранного патрона внутришлифовальных станков схематически представлены на рисунке 3.52, в. Под действием силы *P* корпус мембранного патрона прогибается, вызывая поворот кулачков, диаметр охвата изделия увеличивается с $Dв$ до $Dв_1$. Так как $Dв_1$ больше $Dдет$, то обработанную летать можно беспрепятственно снять и установить новую заготовку. После отвода штока и прекращения действия силы *P* кулачки вместе с зажимными винтами стремятся вернуться в первоначальное положение до диаметра $Dв$. Однако для обеспечения зажима заготовки диаметр $Dв$ шлифуется в размер несколько меньше $Dдет$ (порядка 0,1 мм), чем достигается надежный зажим заготовки вследствие упругих деформаций.

На бесцентровых внутришлифовальных станках для установки заготовок применяются приспособления с базированием заготовок на роликах или башмаках.

На рисунке 3.53 представлено приспособление на башмаках для базирования заготовки (кольца). На корпусе бабки 4 изделия крепится подбашмачная плита 7, на которой монтируется башмак 5 с двумя опорными поверхностями для центрирования изделия (кольца) 3. стакан 2, установленный на магнитном патроне шпинделя 1 изделия, фиксирует кольцо-заготовку 3 в осевом направлении. Регулировочные винты 6 служат для установки величины эксцентриситета путем соответствующих перемещений башмака 5.

Для крепления заготовки, обрабатываемой с базированием на башмаках на вращающемся шпинделе бабки изделия, применяют электромагнитные патроны с вращающейся и не вращающейся электромагнитными системами.

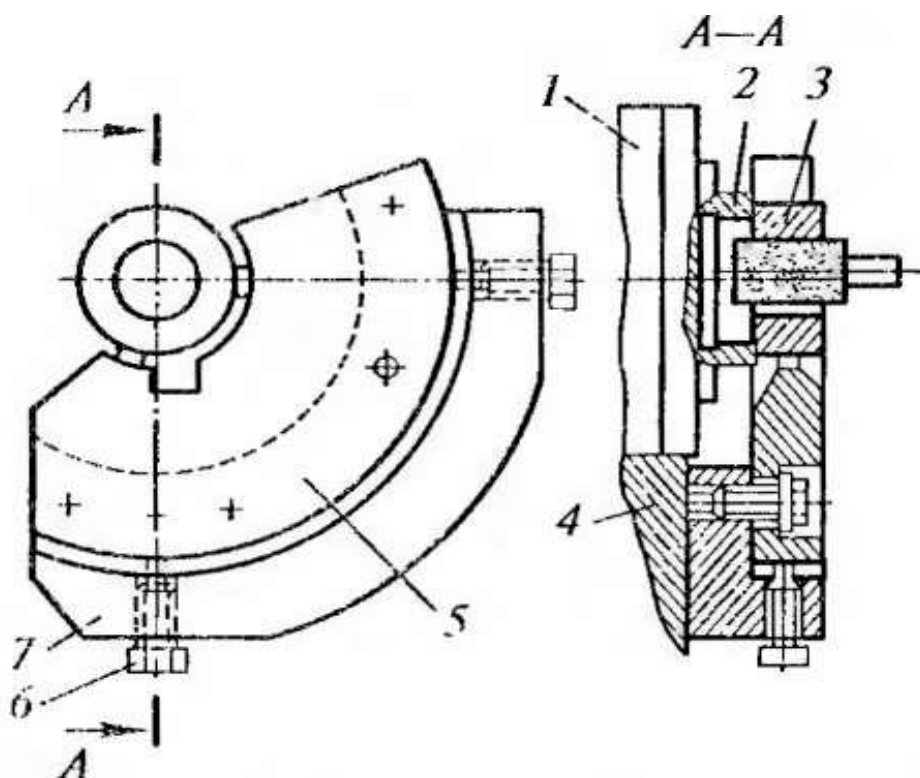


Рисунок 3.53 – Приспособление на башмаках для базирования заготовки:
 1 – шпиндель изделия; 2 – стакан; 3 – кольцо-заготовка; 4 – бабка изделия;
 5 – башмак; 6 – регулировочный винт; 7 – подбашмачная плита

Приспособления для плоскошлифовальных станков

Приспособления для плоскошлифовальных станков – электромагнитные и магнитные плиты разных типов и размеров. Заготовка плотно прижимается к магнитной плите базовой поверхностью. Заготовки из магнитонепроницаемых материалов закрепляют на столе прижимными планками или в приспособлениях. Для работы электромагнитных плит необходим постоянный ток, поэтому у станков устанавливают генераторы, преобразующие переменный ток в постоянный. Одно из преимуществ электромагнитных плит по сравнению с магнитной оснасткой других видов состоит в том, что при их использовании можно регулировать силу притяжения заготовки в зависимости от режима обработки, изменяя силу тока. Электромагнитные плиты обеспечивают надежное и быстрое закрепление заготовок. После шлифования обработанную деталь необходимо снять с плиты и устранить остаточную намагниченность.

В отличие от электромагнитных магнитные плиты, применяемые на плоскошлифовальных станках, не нуждаются в питании от источника энергии. Полюсами в них являются постоянные магниты из никель-алюминиевого сплава, намагниченные на электрических установках.

Верхняя часть магнитной плиты (рис. 3.54, а) выполнена из железных пластин 1 и 2 с немагнитными прослойками 3 между ними. Сильные постоянные магниты 5 можно перемещать, попеременно замыкая их на железные пластины и закрепляемую заготовку 6.

На рисунке 3.54, б показано положение магнитов при закреплении заготовки б, а на рисунке 3.54, в – во время ее снятия и установки. Переключение магнитов производят рукояткой 4. Нижнюю часть плиты закрепляют на столе станка прихватами и болтами.

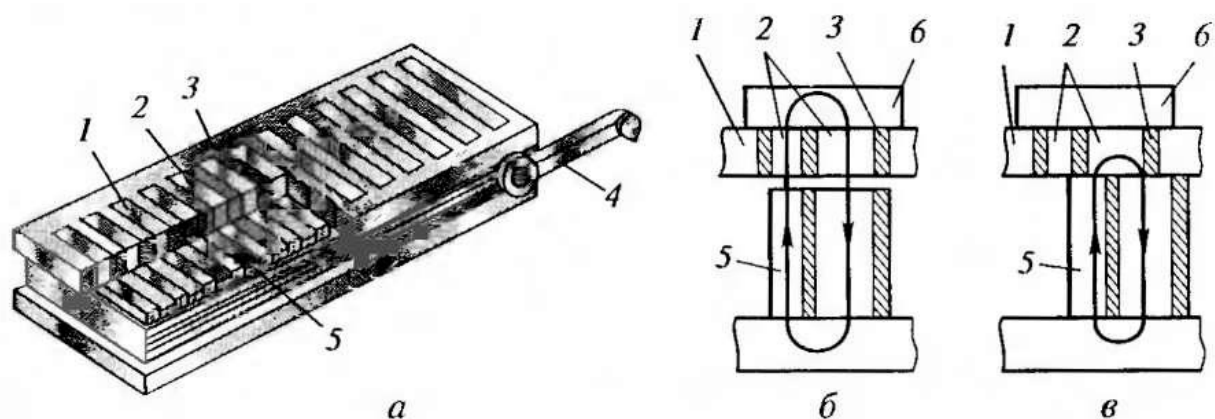


Рисунок 3.54 – Магнитная плита с постоянными магнитами (а) и положение магнитов при закреплении заготовки (б) и ее снятии и установке (в):

1, 2 – железные пластины; 3 – немагнитные прослойки между пластинами; 4 – рукоятка; 5 – постоянный магнит; б – заготовка

Демагнизаторы – устройства, предназначенные для размагничивания стальных заготовок. Кроме магнитных и электромагнитных плит для закрепления шлифуемых заготовок применяются лекальные тиски, универсальные прижимы, установочные планки и плиты и т. п.

Лекальные тиски отличаются от машинных тисков точностью изготовления и возможностью кантования. Их боковые поверхности параллельны друг другу и перпендикулярны к основанию. Для закрепления тисков предусматривают резьбовые отверстия. Чаще их крепят на магнитной плите. Тиски изготавливают из стали, закачивают и шлифуют со всех сторон.

Приспособления для бесцентровых круглошлифовальных станков

Они позволяют не зажимать заготовки в специальных приспособлениях – заготовки свободно лежат на ноже или на жестких опорах.

Опорные ножи (рис. 3.55) изготавливаются из легированной стали марок Х12Н и Х12ТФ с последующей термообработкой или из углеродистой стали 45 с припаянными пластинками твердого сплава ВК8, образующими опорную поверхность.

При шлифовании заготовок малого диаметра (до 3 мм) рекомендуется применять ножи (рис. 3.55, а) из легированной стали, а для обработки заготовок диаметром более 3 мм – ножи с твердосплавными пластинками. Высокая износостойкость таких ножей исключает необходимость их частой замены.

Ступенчатые ножи (рис. 3.55, б) применяют при врезном шлифовании ступенчатых заготовок (рис. 3.55, в).

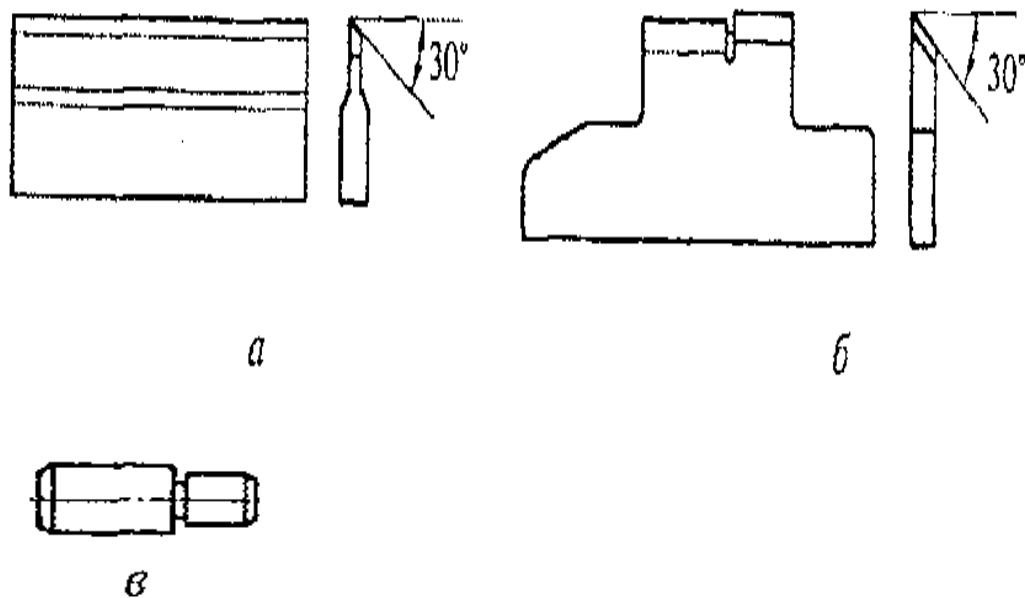


Рисунок 3.55 – Опорные ножи для продольного шлифования заготовок: малого диаметра (а); ступенчатые ножи (б); ступенчатая заготовка (в)

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Макиенко, Н. И. Общий курс слесарного дела / Н. И. Макиенко. – М.: Высшая школа, 2015. – 421 с. – Текст: непосредственный.
2. Покровский, Б. С. Основы слесарных и сборочных работ: учебник для студ. учреждений среднего проф. образования / Б. С. Покровский. – 9-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2017. – 208 с. – Текст: непосредственный. – ISBN 978-5-4468-3899-8.
3. Покровский, Б. С. Профессиональное обучение слесарей механосборочных работ: учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования / Б. С. Покровский. – 3-е изд., испр. – М.: Издательский центр «Академия», 2016. – 208 с. – Текст: непосредственный. – ISBN 978-5-4468-3019-0.
4. Холодкова, А. Г. Общие основы технологии металлообработки и работ на металлорежущих станках: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / А. Г. Холодкова. – М.: Издательский центр «Академия», 2014. – 256 с. – Текст: непосредственный. – ISBN 978-5-7695-6443-2.
5. Фильдштейн, Е. Э. Обработка материалов и инструмент: учеб. пособие / Е.Э. Фильдштейн, М.А. Корниевич, М.И. Михеев. – Минск: Новое знание, 2009. – 317 с. – Текст: непосредственный. – ISBN 978-985-475-338-6.

Таблица серийно выпускаемых станков, разделенных на девять групп по девять типов

Наименование станков	Шифр группы	Шифр типа				
		0	1	2	3	4
Резервные	0	-				
Токарные	1	Автоматы и полуавтоматы:			Токарно-револьверные	Сверлильно-отрезные
		специализированные	одношпиндельные	многошпиндельные		
Сверлильные и расточные	2	-	Вертикально-сверлильные	Полуавтоматы		Координатно-расточные
				одношпиндельные	многошпиндельные	
Шлифовальные и доводочные	3	-	Круглошлифовальные	Внутришлифовальные	Обдирочно-шлифовальные	Специализированные шлифовальные
Электрофизические и электрохимические	4	-		Светолучевые	-	Электрохимические
Зубо- и резьбо-обрабатывающие	5	Резьбо-нарезные	Зубодолбежные для обработки цилиндрических колес	Зубодолбежные для обработки конических колес	Зубофрезерные для обработки цилиндрических колес и шлицевых валов	Для нарезания червячных колес
Фрезерные	6	-	Вертикально-фрезерные консольные	Фрезерные непрерывного действия	Продольные одностоечные	Копировальные и гравировальные
Строгальные, долбежные, протяжные	7		Продольные		Поперечно-строгальные	Долбежные
			одностоечные	двухстоечные		
Разрезные	8		Отрезные, оснащенные			Правильно-отрезные
		токарным резцом	шлифовальным кругом	гладким или насеченным диском		
Разные	9		Муфто- и трубообрабатывающие	Пилонасекальные	Правильно-и безцентровообдирочные	Балансировочные

Наименование станков	Шифр группы	Шифр типа				
		5	6	7	8	9
Резервные	0	-				
Токарные	1	Карусельные	Токарные и лобовые	Многорезцевые и копировальные	Специализированные	Разные токарные
Сверлильные и расточные	2	Радиально-сверлильные	Горизонтально-расточные	Алмазно-расточные	Горизонтально-сверлильные	Разные сверлильные
Шлифовальные и доводочные	3	-	Заточные	Плоскошлифовальные	Притирочные, полировальные, хонинговальные, доводочные	Разные образивные
Электрофизические и электрохимические	4	Электроискровые	-	Электроэрозионные, ультразвуковые прошивочные	Анодно-механические отрезные	-
Зубо- и резьбо-обрабатывающие	5	Для обработки торцов зубьев колес	Резьбофрезерные	Зубоотделочные, проверочные и обкатные	Зубо- и резьбошлифовальные	Разные зубо- и резьбообрабатывающие
Фрезерные	6	Вертикальные безконсольные	Продольные двухстоечные	Консольно-фрезерные операционные	Горизонтально фрезерные консольные	Разные фрезерные
Строгальные, долбежные, протяжные	7	Протяжные горизонтальные	Протяжные вертикальные для протягивания		-	Разные строгальные
			внутреннего	наружного		
Разрезные	8	Пилы			-	-
		ленточные	дисковые	Ножовочные		
Разные	9	Для испытания инструментов	Делительные машины	Балансировочные	-	-

Учебное издание

Марков Александр Николаевич

Учебная практика
Основы слесарных и станочных работ

Учебное пособие

Редактор и корректор М. Д. Баранова
Техн. редактор Д. А. Романова

Темплан 2024 г., поз. 5345

Подписано к печати 28.12.2024.

Формат 60x84/16.

Бумага тип № 1.

Печать офсетная.

Печ. л. 8,7.

Уч.-изд. л. 8,7.

Тираж 50 экз.

Изд. № 137.

Цена «С».

Заказ №

Ризограф Высшей школы технологии и энергетики СПбГУПТД,
198095, Санкт-Петербург, ул. Ивана Черных, 4.