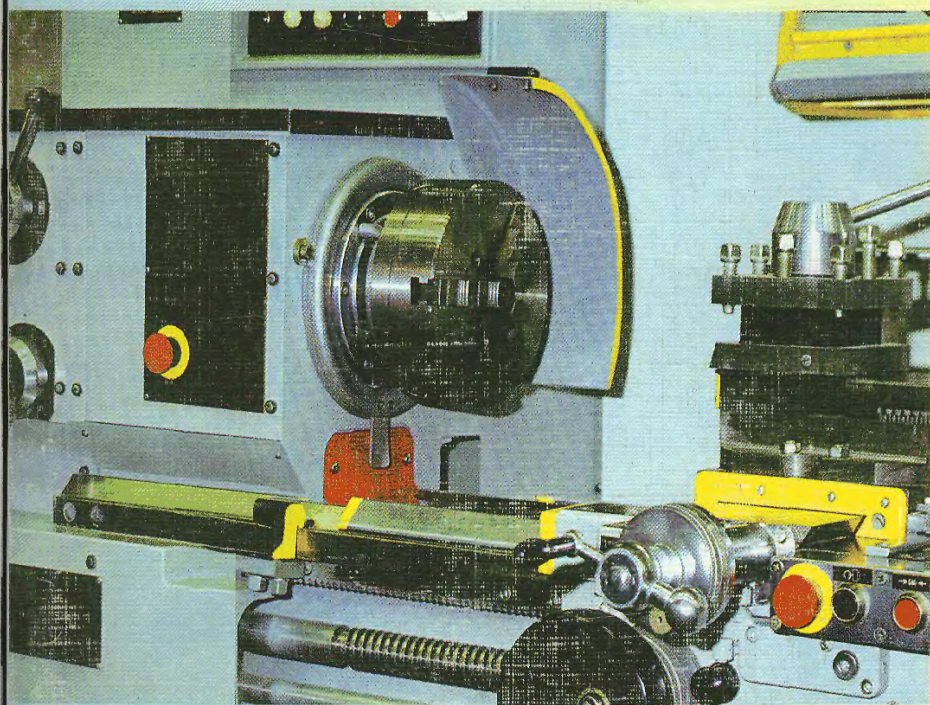


Токарная обработка

В.Н. ФЕЩЕНКО Р.Х. МАХМУТОВ

В.Н. ФЕЩЕНКО Р.Х. МАХМУТОВ

# Токарная обработка



В.Н. ФЕЩЕНКО Р.Х. МАХМУТОВ

---

# Токарная обработка

Издание шестое, стереотипное

*Рекомендовано Экспертным советом  
по профессиональному образованию  
Министерства образования  
Российской Федерации  
в качестве учебника для учащихся  
начального профессионального образования*



Москва

«Высшая школа» 2005

УДК 621.941  
ББК 34.632  
Ф 47

Рецензент — канд. техн. наук *А. Л. Вильсон*

**Фещенко, В. Н.**

Ф 47 Токарная обработка: Учебник/В. Н. Фещенко, Р. Х. Махмутов. — 6-е изд., стер. — М.: Высш. шк., 2005. — 303 с.: ил.

ISBN 5-06-004324-X

Приведены основные сведения о работах, выполняемых на токарно-винторезных станках, обрабатываемых материалах, основных и вспомогательных инструментах, о типах, устройстве и наладке токарных станков. Рассмотрены особенности конструкции и наладки станков с ЧПУ.

*Для учащихся учреждений начального профессионального образования. Может быть использован при профессиональном обучении рабочих на производстве.*

УДК 621.941  
ББК 34.632

ISBN 5-06-004324-X

© ФГУП «Издательство «Высшая школа», 2005

Оригинал-макет данного издания является собственностью издательства «Высшая школа», и его репродуцирование (воспроизведение) любым способом без согласия издательства запрещается.

## Предисловие

Научно-технический прогресс в машиностроении привел к созданию токарных станков, различных по назначению (для точных работ, обработки длиномерных деталей, а также деталей типа дисков; для резьбонарезания, затылования и т.д.) и степени автоматизации (полуавтоматы, автоматы, станки с ЧПУ и т.д.). На современных станках с ЧПУ наряду с токарной обработкой (точением) можно выполнять и другие операции (фрезерование, внецентровое сверление, зенкерование и т.п.), позволяющие снимать со станка готовые детали.

Широкое внедрение в производство высокоавтоматизированного оборудования обуславливает задачу подготовки квалифицированного персонала, способного обслуживать данную технику. Рабочий-станочник должен знать конструкцию совре-

менных станков, методы их наладки, разнообразную универсальную и специальную технологическую оснастку и передовые методы организации труда.

Обучение в профессиональных учебных заведениях направлено на формирование у учащихся технического мышления и умения применять полученные знания в производственных условиях. Учащиеся получают начальную теоретическую подготовку, а также приобретают практические навыки работы на современном оборудовании. Однако в процессе производственной деятельности необходимо непрерывно углублять и совершенствовать приобретенные знания и навыки. Самообразование — это черта нашего времени, верный путь повышения профессионального мастерства молодых рабочих.

*Авторы*

# 1. Общие сведения о токарной обработке

## 1.1. Основные понятия процесса резания

Токарная обработка (точение) — наиболее распространенный метод изготовления деталей типа тел вращения (валов, дисков, осей, пальцев, цапф, фланцев, колес, втулок, гаек, муфт и др.) на токарных станках. На них можно производить обтачивание и растачивание цилиндрических, конических, шаровых и профильных поверхностей этих деталей, подрезание торцов, вытачивание канавок, нарезание наружных и внутренних резьб, накатывание рифлений, сверление, зенкерование, развертывание отверстий и другие виды токарных работ (рис. 1.1, а — к). Снятие стружки с поверхности вращающейся заготовки осуществляется режущим инструментом, основным элементом которого является клин, заостренный под углом  $\beta$  (рис. 1.2). Вращательное движение заготовки называют главным движением резания, а поступательное движение режущего инструмента — движением подачи. Различают также вспомогательные движения, которые не имеют непосредственного отношения к процессу резания, но обеспечивают транспортирование и закрепление заготовки на станке, его включение и изменение частоты вращения заготовки или скорости поступательного движения инструмента и др.

Для обработки заготовки необходимо установить наиболее рациональные режимы резания, т. е. скорость резания, подачу и глубину резания.

Скоростью резания  $v$  (м/с или м/мин) называют путь режущей кромки инструмента относительно обрабаты-

ваемой заготовки в направлении главного движения за единицу времени.

Подачей  $S$  (мм/об) называют путь, пройденный режущей кромкой инструмента относительно вращающейся заготовки в направлении движения подачи за один оборот заготовки. Подача может быть продольной, если инструмент перемещается параллельно оси вращения заготовки, и поперечной, если инструмент перемещается перпендикулярно этой оси (рис. 1.3).

Глубина резания  $t$  (мм) определяется толщиной снимаемого слоя металла, измеренной по перпендикуляру к обработанной поверхности детали, за один рабочий ход инструмента относительно обрабатываемой поверхности.

У обрабатываемой резанием заготовки различают обрабатываемую поверхность, с которой снимают стружку; обработанную поверхность, полученную после снятия стружки, и поверхность резания, которая образуется режущим инструментом и является переходной между обрабатываемой и обработанной поверхностями.

## 1.2. Обрабатываемые конструкционные материалы

Обрабатываемость материалов резанием зависит от их химического состава, структуры, механических и физических свойств. При черновом точении обрабатываемость оценивают скоростью инструмента при соответствующей скорости и силе резания, а при чистовой — шероховатостью поверхности, точностью обработки и стойкостью инструмента.

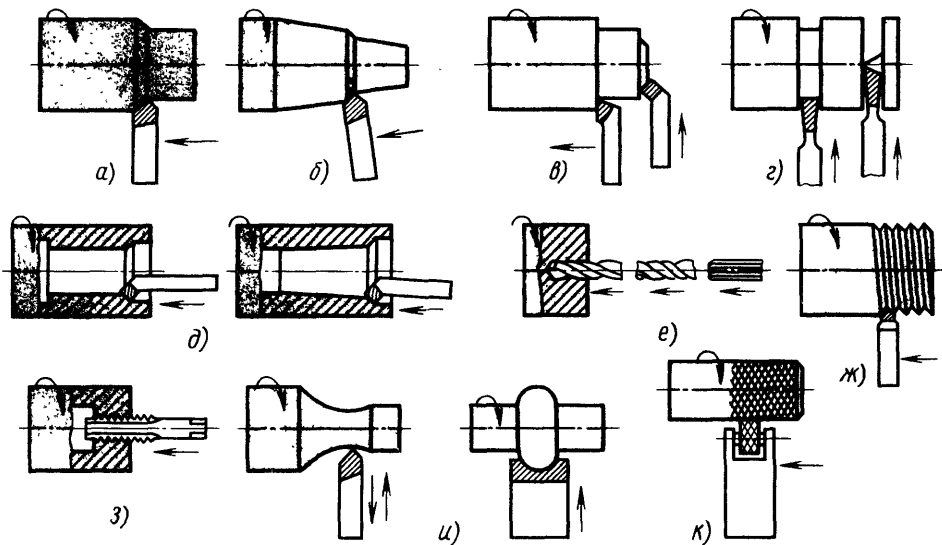


Рис. 1.1. Основные виды токарных работ:

*a* — обработка наружных цилиндрических поверхностей, *б* — обработка наружных конических поверхностей, *в* — обработка торцов и уступов, *г* — выточивание пазов и канавок, отрезка заготовки; *д* — обработка внутренних цилиндрических и конических поверхностей, *е* — сверление, зенкерование, развертывание отверстия, *ж* — нарезание наружной резьбы, *з* — нарезание внутренней резьбы; *и* — обработка фасонных поверхностей, *к* — накатывание рифлений

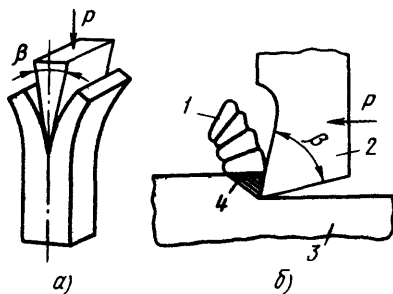
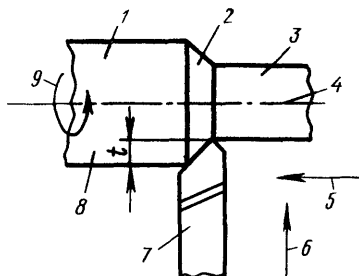


Рис. 1.2. Схема работы клина (*a*) и резца (*б*):

*1* — стружка, *2* — резец, *3* — заготовка, *4* — снимаемый слой материала; *P* — сила, действующая на резец и клин при работе,  $\beta$  — угол заострения

Рис. 1.3 Основные поверхности заготовки и основные движения, осуществляющие процесс резания:

*1* — обрабатываемая поверхность, *2* — поверхность резания, *3* — обработанная поверхность, *4* — ось вращения заготовки, *5* — продольная подача, *6* — поперечная подача, *7* — резец, *8* — заготовка, *9* — главное (вращательное) движение, *t* — глубина резания



Обрабатываемость металлов определяют методами, основанными на оценке изменений стойкости режущего инструмента при различных скоростях резания. Допустимую скорость резания как критерий оценки обрабатываемости применяют наиболее часто, так как скорость резания оказывает весьма существенное влияние на производительность, а следовательно, и на себестоимость обработки. Считается, что лучшую обрабатываемость имеет тот материал, который, при прочих равных условиях, допускает более высокую скорость резания.

На токарных станках обрабатывают такие конструкционные материалы, как чугун, сталь, цветные металлы и их сплавы, пластмассы.

**Чугун** — сплав железа с углеродом (2,14—4,5 %) и некоторым количеством кремния, марганца и др. Различают серый, высокопрочный, ковкий и легированные чугуны.

Серый чугун маркируют буквами СЧ и группой цифр. Буквы СЧ обозначают серый чугун, группа цифр — предел прочности при растяжении  $\sigma_B$  в МПа  $\cdot 10^{-1}$ . По механическим свойствам серые чугуны делят на чугуны малой прочности от СЧ 10 до СЧ 15 и чугуны повышенной прочности от СЧ 20 до СЧ 35. Для изготовления деталей чаще применяют серый чугун марок СЧ 15, СЧ 20, СЧ 30 твердостью в пределах НВ 163—255 и реже — СЧ 35.

Высокопрочный чугун получают введением в жидкий серый чугун чистого магния (0,3—1 %) и церия (до 0,05 %). В отличие от серых чугунов высокопрочный чугун маркируют буквами ВЧ и группой цифр. Группа цифр указывает на минимальное значение временного сопротивления при растяжении в МПа  $\cdot 10^{-1}$ , например марки ВЧ 35, ВЧ 40, ВЧ 45. Твердость высокопрочных чугунов изменяется в пределах НВ 140—360.

Ковкий чугун отличается высокой вязкостью; обозначается буквами КЧ и двумя группами цифр. Из них первая группа цифр обозначает предел прочности на растяжение в МПа  $\cdot 10^{-1}$ , а вторая — относительное удлинение в процентах, например марки КЧ 45-7, КЧ 50-5. Твердость ковких чугунов не превышает НВ 320.

Легированные чугуны получают введением легирующих элементов (хрома, кремния, алюминия, марганца и др.); их маркируют буквами и цифрами, например ЧХ1, ЧХ9Н5, ЧС5Ш, где буква Ч означает чугун, Х, Н, С — легирующие элементы, а цифры — их содержание в %; буква Ш указывает на шаровидную форму графита.

Большое влияние на обрабатываемость резанием литых заготовок из серых чугунов оказывает поверхностный слой металла (литейная корка) толщиной 0,15—0,50 мм и твердостью НВ 285—321. По мере удаления от поверхности твердость снижается до НВ 187—229. Скорость резания литейной корки на 20—30 % ниже скорости резания внутренних слоев металла. Высокотемпературный отжиг чугунных отливок позволяет увеличить скорость резания в 1,5—2 раза.

**Сталь** — сплав железа с углеродом (до 2,14 %) и другими элементами. С увеличением содержания углерода повышается механическая прочность стали и соответственно возрастает сопротивление ее резанию.

Углеродистые стали обыкновенного качества обозначают буквами Ст и цифрами по порядку от 0 до 6 (например, Ст3). Чем больше число в обозначении марки, тем больше в стали углерода. Качественные углеродистые стали обозначают числами, например марки 08; 10; 15; 20; 25. Цифры указывают на среднее содержание углерода в сотых долях процента. Например, сталь 15 содержит углерода около 0,15 %. Твердость стали не превышает НВ 230.

Автоматные конструкционные стали обозначают буквой и цифрами, например марки А11, А12, А20, А30, АС40, где А — автоматная сернистая, АС — автоматная свинецсодержащая. Временное сопротивление этих сталей находится в пределах  $\sigma_B = 600 \div 800$  МПа для холоднотянутой и  $\sigma_B = 400 \div 750$  МПа для горячекатаной, твердость их составляет НВ 160—207. Автоматные стали отличаются повышенным содержанием серы и фосфора (до 0,35 %), а также наличием свинца (до 0,35 %), поэтому обрабатываются лучше, чем конструкционные стали.

Легированные стали обозначают цифрами и буквами, например марки 20Х, 40ХС, 30ХГН, 20ХНЗА. Первые цифры показывают среднее содержание углерода в сотых долях процента, а буквы — наличие легирующих элементов. Цифрами после букв отмечено процентное содержание легирующих элементов. Буквой А в конце марки обозначают высококачественную сталь. Предел прочности этих сталей возрастает от  $\sigma_b = 700$  МПа (сталь 15Х) до  $\sigma_b = 1300$  МПа (сталь 20Х2Н4А). Повышение содержания некоторых легирующих элементов, таких, как хром (Х), молибден (М), ванадий (Ф), вольфрам (В), никель (Н), увеличивает прочность сталей и снижает теплопроводность, что ведет к ухудшению их обрабатываемости. Кремний (С) ухудшает обрабатываемость стали из-за образования в ней силикатных абразивных включений. Заготовки из крупнозернистой стали обрабатываются лучше, чем из мелкозернистой.

В ряде случаев для улучшения обрабатываемости стальные заготовки подвергают термической обработке. Твердость сталей после отжига находится в пределах НВ 180—270, а после термической обработки — HRC 42—55.

**Цветные металлы и сплавы.** Медь, алюминий, цинк, марганец, титан и другие цветные металлы широко применяют в промышленности (приборостроении, самолетостроении и др.). Однако в качестве конструкционных материалов чаще применяют их сплавы. К сплавам цветных металлов, наиболее часто обрабатываемым на токарных станках, относятся бронза, латунь, алюминиевые сплавы и др.

**Бронза** — сплав меди с оловом, алюминием, марганцем, кремнием и другими элементами. Бронзы обозначают буквами Бр, начальными буквами основных элементов, вошедших в сплав, и цифрами, указывающими среднее содержание этих элементов в процентах. Например, сплав БрОЗЦ12С5 содержит в среднем 3 % олова (О), 12 % цинка (Ц), 5 % свинца (С) и остальное — медь. Для лучшей обрабатываемости бронз и улучшения их антифрикционных свойств в состав бронз вводят свинец.

**Латунь** — сплав меди с цинком; обозначают буквой Л и двузначным чис-

лом, показывающим среднее содержание меди (остальное — цинк). Например, латунь Л62 содержит 62 % меди и 38 % цинка. Для улучшения обрабатываемости в латунь вводят 1—2 % свинца (С), а для повышения прочности — алюминий (А), никель (Н) и другие элементы. Например, латунь ЛЖМц59-1-1 содержит 59 % меди, 1 % железа (Ж), 1 % марганца (М), остальное — цинк.

**Алюминиевые сплавы** — сплав алюминия с добавками для повышения прочности кремния, марганца, меди и других компонентов. Например, сплав марки АК12 содержит 12 % кремния, остальное — алюминий; сплав марки АК21М2,5Н2,5 — 21 % кремния, 2,5 % меди, 2,5 % никеля, остальное алюминий. Сплав алюминия и кремния (12—13 %) с добавкой железа (0,2—0,7 %), марганца (0,05—0,5 %), кальция (0,07—0,2 %), титана (0,05—0,2 %), меди (0,03 %) и цинка (0,08 %) называют силумином.

**Пластмассы** как конструкционные материалы обладают низкими теплоустойчивостью (70—150 °С) и теплопроводностью, которая в 200—300 раз меньше теплопроводности стали и чугуна. В состав пластмасс входят соединения, обладающие абразивными свойствами, что вызывает интенсивное изнашивание резцов по задней поверхности и затупление режущих кромок.

### 1.3. Режущий инструмент

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

**Токарные резцы.** Резец состоит из головки 2 (рабочей части) и стержня 1, служащего для закрепления резца (рис. 1.4). Передней поверхностью 8 резца называют поверхность, по которой сходит стружка. Задние (главная 3 и вспомогательная 4) поверхности обращены к обрабатываемой заготовке. Главная режущая кромка 7 выполняет основную работу резания. Она образуется пересечением передней и главной задней поверхностей резца. Вспомогательная режущая кромка 6 образуется пересече-



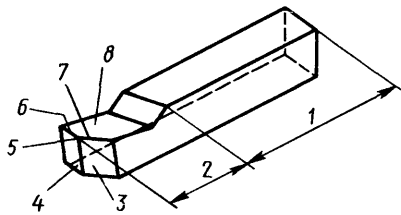


Рис. 1.4. Элементы реза

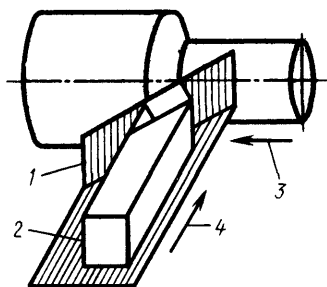


Рис. 1.5. Условные плоскости (резания и основная) для изучения геометрии реза

нием передней и вспомогательной задней поверхностей. Место пересечения главной и вспомогательной режущих кромок называют вершиной 5 реза.

Для определения углов реза установлено понятие координатных плоскостей. Применительно к токарной обработке это плоскость резания и основная плоскость. Плоскостью резания 1 называют

плоскость, касательную к поверхности резания и проходящую через режущую кромку (рис. 1.5). Основная плоскость 2 параллельна направлениям 3, 4 подачи (продольной и поперечной); она совпадает с опорной поверхностью реза.

Углы реза разделяют на главные и вспомогательные (рис. 1.6).

Главные углы реза измеряют в главной секущей плоскости, т. е. в плоскости, перпендикулярной проекции главной режущей кромки на основную плоскость.

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

Угол заострения  $\beta$  измеряют между передней и главной задней поверхностью реза.

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

Угол резания  $\delta$  образуется передней поверхностью реза и плоскостью резания.

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

Вспомогательный угол в плане  $\varphi_1$  образуется проекцией вспо-

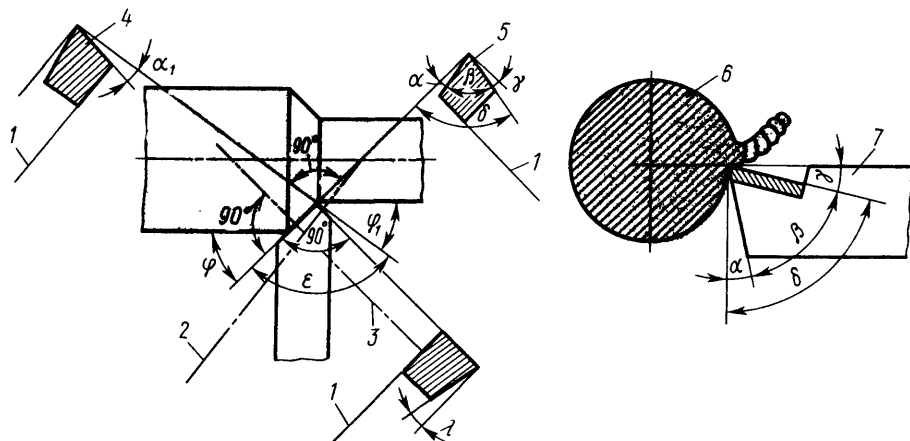


Рис. 1.6. Геометрия реза:

1 — основная плоскость, 2 — вспомогательная секущая плоскость, 3 — главная секущая плоскость, 4 — сечение по вспомогательной секущей плоскости, 5 — сечение по главной секущей плоскости, 6 — заготовка, 7 — резец

могательной режущей кромки резца на основную плоскость и направлением его подачи.

Углом при вершине в плане  $\epsilon$  называют угол между проекциями главной и вспомогательной режущей кромки резца на основную плоскость.

Вспомогательный задний угол  $\alpha_1$  - это угол, образованный вспомогательной задней поверхностью резца и плоскостью, проходящей через его вспомогательную режущую кромку перпендикулярно основной плоскости.

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

Резцы классифицируют:

по направлению подачи — на правые 2 и левые 1. Правые резцы на токарном станке работают при подаче справа налево, т. е. перемещаются к передней бабке станка (рис. 1.7, а, б);

по конструкции головки — на прямые, отогнутые и оттянутые (см. рис. 1.7, а — в);

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

по способу изготовления — на цельные и составные. При использовании дорогостоящих режущих материалов резцы изготовляют составными: головку — из инструментального материала, а стержень — из конструкционной углеродистой стали.

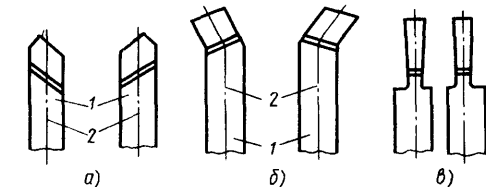


Рис. 1.7. Резцы:

1 - левые, 2 - правые; а — прямые, б — отогнутые, в — оттянутые

Наиболее распространены составные резцы с пластинками из твердого сплава или быстрорежущей стали. Пластинки из твердого сплава припаиваются или крепятся механически;

по сечению стержня — на прямоугольные, круглые и квадратные;

по виду обработки — на проходные, подрезные, отрезные, прорезные, расточные, фасонные, резьбонарезные и др. (рис. 1.8).

**Сверла.** В зависимости от конструкции и назначения различают спиральные, перовые, для глубокого сверления, центровочные, с пластинками из твердых сплавов и другие сверла.

Наиболее распространены спиральные сверла (рис. 1.9). Они имеют две главные режущие кромки (рис. 1.10), образованные пересечением передних винтовых поверхностей канавок сверла, по

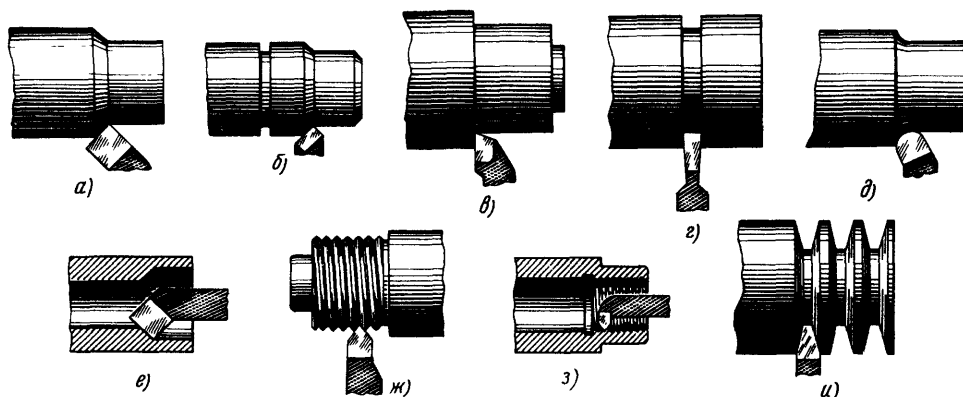


Рис. 1.8. Токарные резцы для различных видов обработки:

а - наружное обтачивание проходным отогнутым резцом, б - наружное обтачивание прямым проходным резцом, в - обтачивание с подрезанием уступа под прямым углом, г - прорезание канавки, д - обтачивание радиусной галтели, е - растачивание отверстия, ж, з, и - нарезание резьбы наружной, внутренней и специальной

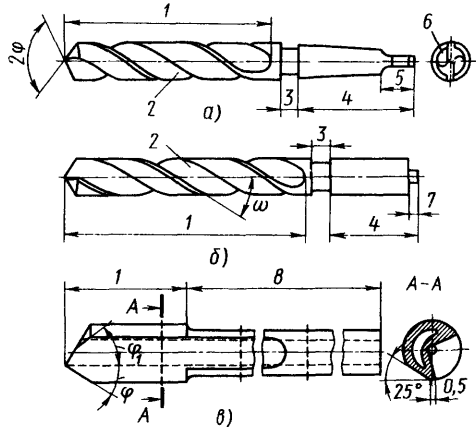


Рис. 1.9. Сверла:

*a* — спиральное с коническим хвостовиком, *б* — спиральное с цилиндрическим хвостовиком, *в* — для глубокого сверления; 1 — рабочая часть, 2 — канавка, 3 — шейка, 4 — хвостовик, 5 — лопка, 6 — перо, 7 — поводок, 8 — зажимная часть

ружному диаметру сверла ( $\omega = 20 \div 30^\circ$ ).

Угол наклона поперечной режущей кромки (перемычки)  $\psi$  — острый угол между проекциями поперечной и главной режущих кромок на плоскость, перпендикулярную оси сверла ( $\psi = 50 \div 55^\circ$ ).

Угол режущей части (угол при вершине)  $2\varphi$  — угол между главными режущими кромками при вершине сверла ( $2\varphi = 118^\circ$ ).

Передний угол  $\gamma$  — угол между касательной к передней поверхности в рассматриваемой точке режущей кромки и нормалью в той же точке к поверхности вращения режущей кромки вокруг оси сверла. По длине режущей кромки передний угол  $\gamma$  изменяется: наибольший у наружной поверхности сверла, где он практически равен углу наклона винтовой канавки  $\omega$ , наименьший у поперечной режущей кромки.

Задний угол  $\alpha$  — угол между касательной к задней поверхности в рассматриваемой точке режущей кромки и касательной в той же точке окружности ее вращения вокруг оси сверла. Задний угол сверла — величина переменная:  $\alpha = 8 \div 14^\circ$  на периферии сверла и  $\alpha = 20 \div 26^\circ$  — ближе к центру.

**Зенкеры.** Зенкеры бывают цельные (рис. 1.11) и насадные. Они предназначены для обработки цилиндрических и конических отверстий и торцов. Цельные зенкеры изготавливают диаметром до 32 мм. По внешнему виду они несколько похожи на

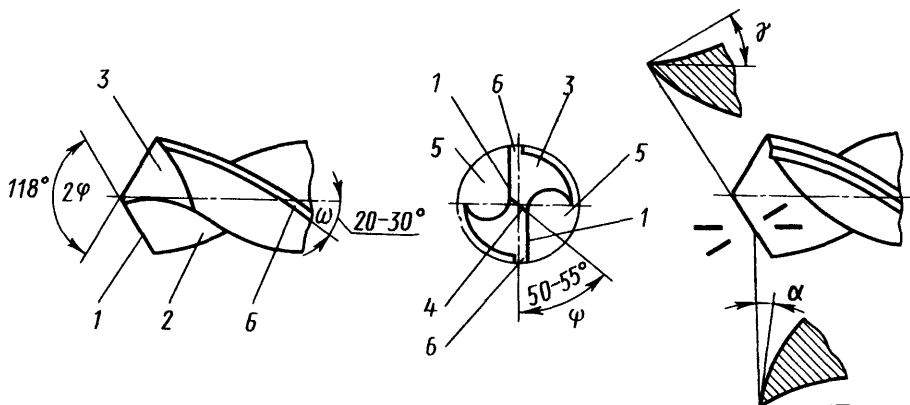


Рис. 1.10. Геометрия спирального сверла:

1 — режущая кромка, 2 — передняя поверхность, 3 — задняя поверхность, 4 — поперечная кромка, 5 — канавка, 6 — ленточка

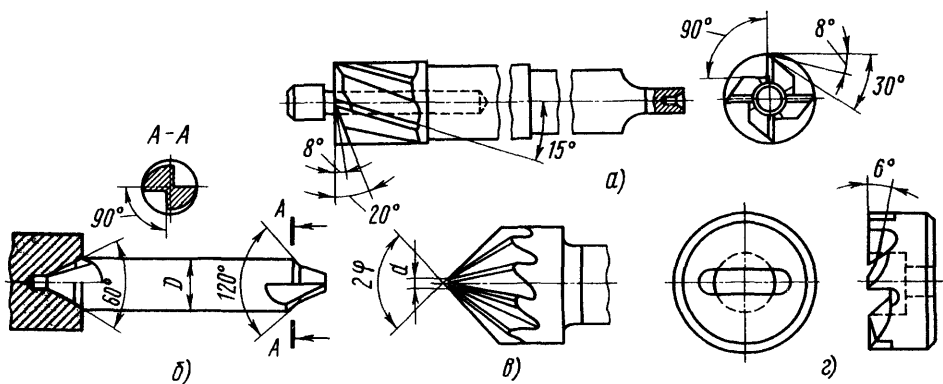


Рис. 1.11. Конструкция зенкеров:

*a* — зенкер для цилиндрических углублений (цековка), *б* — зенковка, *в* — коническая зенковка, *г* — зенкер для зачистки торцовых поверхностей

спиральные сверла, но имеют три винтовые канавки и, следовательно, три режущие кромки. Режущая или заборная часть 1 (рис. 1.12) выполняет основную работу резания. Калибрующая часть 2 предназначена для калибрования отверстий и направления зенкера при резании. Хвостовик 5 служит для закрепления зенкера в станке.

Главный угол в плане  $\theta$  для зенкеров из быстрорежущей стали равен  $45^\circ$ – $60^\circ$ , а для зенкеров твердосплавных —  $60^\circ$ – $75^\circ$ .

У зенкеров, изготовляемых из быстрорежущей стали, передний угол  $\gamma$  равен  $8^\circ$ – $15^\circ$  при обработке стальных деталей,  $6^\circ$ – $8^\circ$  при обработке чугуна,  $25^\circ$ – $30^\circ$  при обработке цветных металлов и сплавов. У твердосплавного зенкера  $\gamma = 5^\circ$  при обработке чугуна и  $0^\circ$ – $5^\circ$  при обработке стали.

Задний угол  $\alpha = 8^\circ$ – $10^\circ$ . Угол наклона винтовой канавки  $\omega = 10^\circ$ – $25^\circ$ . Для лучшего направления зенкера при резании в его зубьях оставляют цилиндрическую фаску шириной 1,2–2,8 мм.

Насадные зенкеры применяют для обработки отверстий диаметром до 100 мм (рис. 1.13). Эти зенкеры имеют четыре винтовые канавки и, следовательно, четыре режущие кромки. Они крепятся на оправке. Для предупреждения провертывания зенкера во время работы на оправке имеется два выступа (шпонки), которые входят в соответствующие пазы на торце зенкера. Зенкеры изготовляют из быстрорежущей стали, а также оснащают пластинками из твердых сплавов.

**Развертки.** Они предназначены для обработки отверстий, к которым предъявляют высокие требования по точности и шероховатости поверхности.

Различают машинные и ручные развертки (рис. 1.14), а по форме обрабатываемого отверстия — цилиндрические и конические. Число зубьев развертки 6–16. Распределение зубьев у разверток по окружности, как правило, неравномерное, что обеспечивает более высокое качество обработанной поверхности отверстия.

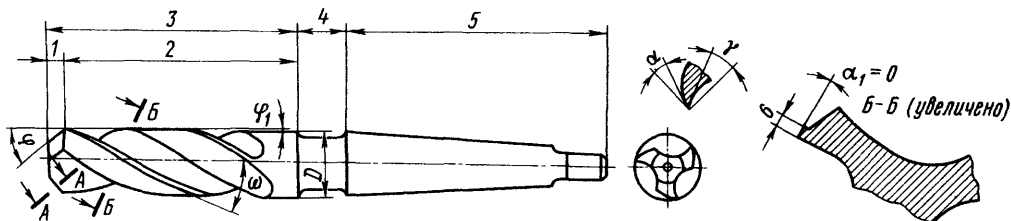


Рис. 1.12. Конструктивные элементы зенкеров:

1 — режущая (заборная) часть, 2 — калибрующая часть, 3 — рабочая часть, 4 — шейка, 5 — хвостовик, б — ленточка

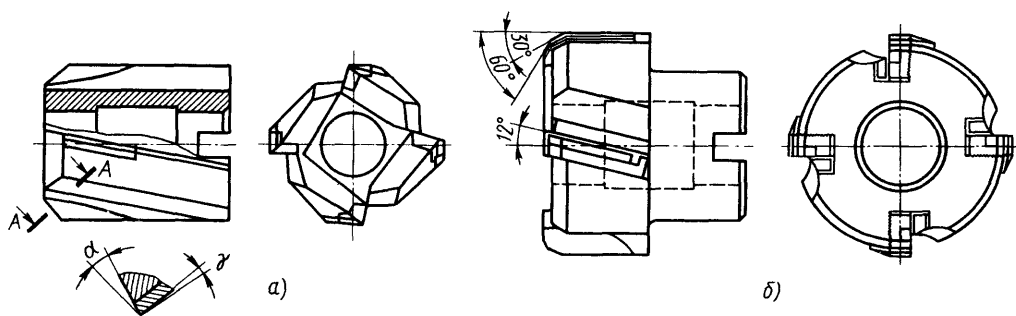


Рис. 1. 13. Насадные зенкеры:

*а* — с напаянными пластинками из твердого сплава, *б* — с механическим креплением ножей, оснащенных пластинками из твердого сплава

По конструкции хвостовика развертки могут быть с цилиндрическим и коническим хвостовиками. Хвостовая цилиндрическая развертка состоит из рабочей части, шейки и хвостовика. Рабочая часть включает в себя направляющий конус с углом при вершине  $90^\circ$ , режущую, калибрующую часть и обратный конус. Режущая часть выполняет основную работу

резания. У ручных разверток длину режущей части делают значительно большей, чем у машинных, с очень малым углом в плане. Угол режущей части составляет  $2\varphi$ . При обработке сквозных отверстий угол в плане  $\varphi$  ручных разверток составляет  $30' - 1^\circ 30'$ , машинных —  $12 - 15^\circ$ ; при обработке хрупких (твердых) и трудно обрабатываемых металлов  $\varphi = 3 \div 5^\circ$ ;

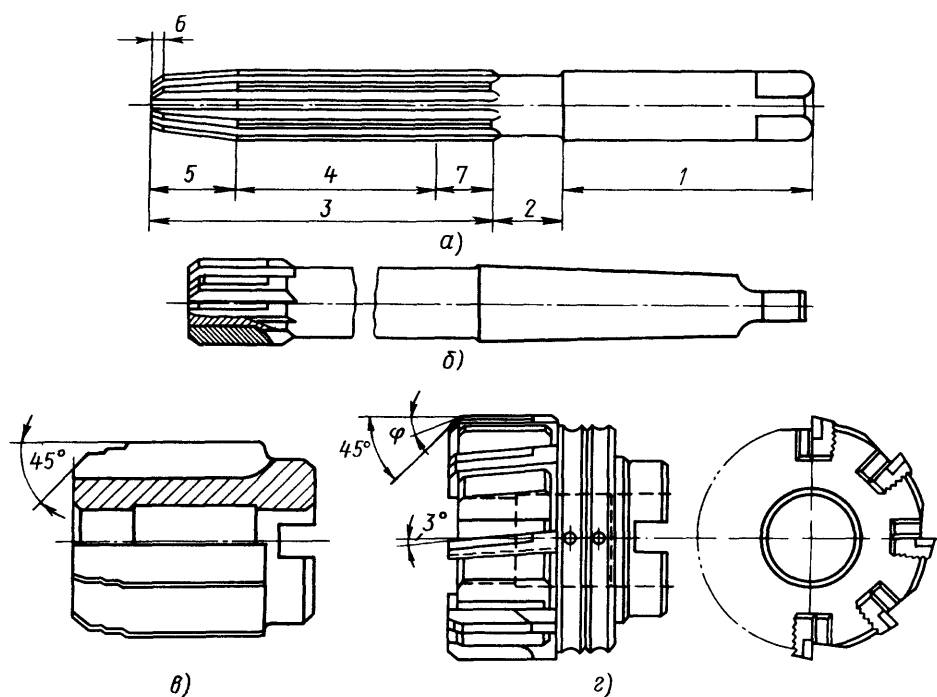


Рис. 1 14. Развертки:

*а* — ручная цельная с цилиндрическим хвостовиком, *б* — машинная цельная хвостовая, *в* — машинная цельная насадная, *г* — машинная сборная со вставными ножами, оснащенными пластинками из твердого сплава, *д* — хвостовик, *е* — шейка, *ж* — рабочая часть, *з* — калибрующая часть, *и* — режущая часть, *к* — направляющий конус, *л* — обратный конус

у разверток, оснащенных пластинками из твердых сплавов,  $\varphi = 30 \div 45^\circ$ . Для обработки глухих отверстий угол в плане  $\varphi$  ручных разверток составляет  $45^\circ$ , машинных —  $60^\circ$ ; твердосплавных —  $75^\circ$  с заточкой фаски на торце под углом  $45^\circ$ .

Калибрующая часть служит для направления развертки при резании и калибровании отверстия. Обратный конус, находящийся за калибрующей частью, уменьшает трение развертки об обработанную поверхность и снижает величину разбивки отверстия. У ручных разверток диаметр около шейки меньше калибрующего на  $0,005\text{—}0,008\text{ мм}$ , у машинных — на  $0,04\text{—}0,08\text{ мм}$ . Хвостовик у ручных разверток выполнен цилиндрическим с квадратным концом, у машинных — коническим и цилиндрическим. У чистовых разверток из быстрорежущей стали передний угол  $\gamma = 0$ ; у черновых  $\gamma = 5 \div 10^\circ$ ; у разверток твердосплавных  $\gamma = 0 \div 5^\circ$ . Задний угол  $\alpha$  на режущей и калибрующей частях разверток выбирают в пределах  $6\text{—}10^\circ$ .

**Метчики.** Они предназначены для нарезания или калибрования резьбы в отверстиях (рис. 1.15). Различают метчики ручные, машинные, гаечные (для нарезания резьбы в гайках) и плашечные (для нарезания и калибрования резьбы в плашках). Ручные метчики поставляются комплектом. Комплект может состоять из 2 и 3 метчиков. Черновые метчики имеют заниженные размеры, а чистовой — полный профиль резьбы. Гаечные метчики выполняют с коротким, длинным и изогнутым хвостовиками.

Рабочая часть 1 метчика состоит из заборной 2 и калибрующей 3 частей. Заборная (режущая) часть у ручных черновых метчиков составляет 4 витка, у чистового метчика — 1,5–2 витка. У машинных метчиков длина заборной части при нарезании сквозных отверстий составляет 5–6 витков, при нарезании глухих отверстий — 2 витка. У гаечных метчиков длина заборной части — 11–12 витков.

Калибрующая часть 3 служит для зачистки и калибрования резьбы, а также для направления метчика при нарезании. Для уменьшения трения калибрующая часть имеет незначительный обратный конус. Хвостовая часть метчика 4 представ-

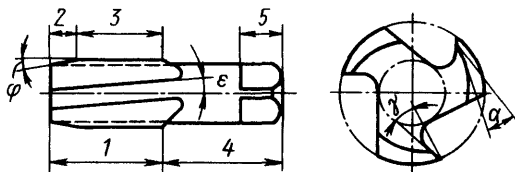


Рис. 1.15. Конструкция метчика:

1 — рабочая часть, 2 — заборная часть, 3 — калибрующая часть, 4 — хвостовая часть, 5 — конец хвостовика

ляет собой стержень; конец 5 хвостовика у ручных, а иногда и у машинных метчиков имеет форму квадрата.

Профиль канавки метчика оказывает влияние на процесс нарезания резьбы и должен способствовать отводу стружки. Широко распространены 3- и 5-канавочные метчики. Передний угол метчика  $\gamma = 5 \div 10^\circ$  при обработке стали,  $0\text{—}5^\circ$  при обработке чугуна и  $10\text{—}25^\circ$  при обработке цветных металлов и сплавов. Задний угол  $\alpha = 4 \div 12^\circ$ . Обычно метчики изготавливают с прямыми канавками, но для лучшего отвода стружки канавки имеют угол наклона  $\varepsilon = 9 \div 15^\circ$ .

**Плашки.** Их применяют для нарезания или калибрования наружных резьб за один рабочий ход. Наиболее широко используют плашки для нарезания резьб диаметром до 52 мм (рис. 1.16). Плашка представляет собой закаленную гайку с осевыми отверстиями, образующими режущие кромки. Обычно на плашках имеется от 3 до 6 отверстий для отвода стружки. Толщина плашки выбирается в пределах 8–10 витков. Режущая часть плашки выполнена в виде внутреннего конуса. Длина заборной части составляет 2–3 витка. Угол  $2\varphi = 40 \div 60^\circ$  при нарезании сквозной резьбы и  $90^\circ$  при нарезании резьбы до упора. Передний угол у стандартных пла-

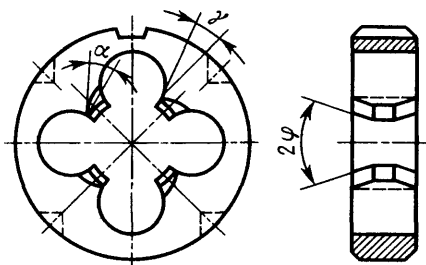


Рис. 1.16. Резьбонарезная плашка

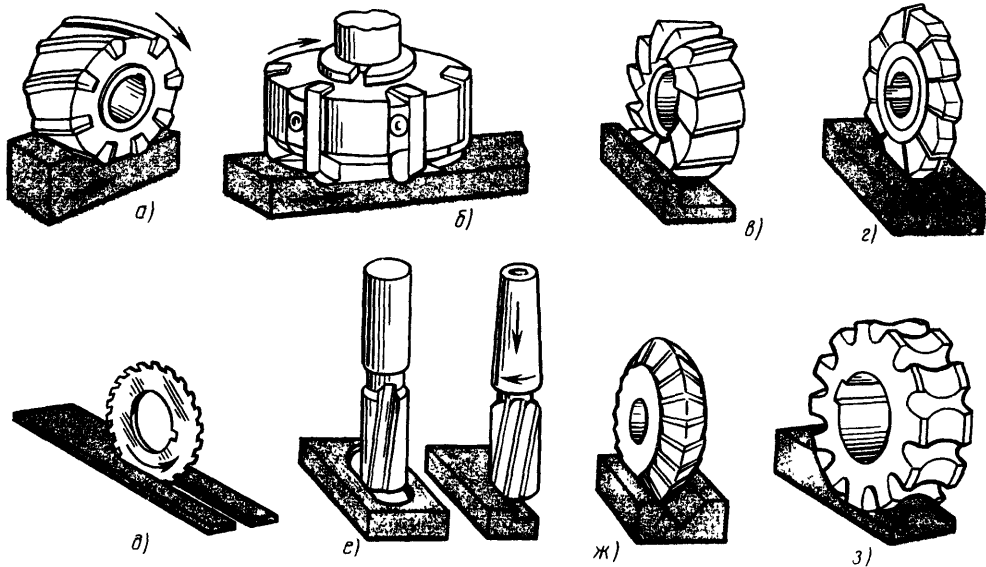


Рис. 1.17. Фрезы для обработок плоскостей (а, б), уступов (в), канавок (г), пазов (д), фасонных поверхностей (е, ж, з)

шек  $\gamma = 15 \div 20^\circ$ . Задний угол  $\alpha$  выполнен только на заборной (режущей) части. У стандартных плашек задний угол  $\alpha = 6 \div 8^\circ$ .

**Фрезы.** Фреза — многозубый режущий инструмент, который применяют для обработки на токарных станках наружных цилиндрических и фасонных поверхностей, пазов, лысок, канавок и др. Каждый зуб фрезы представляет собой обычный резец.

По материалу режущей части фрезы делят на углеродистые, быстрорежущие, твердосплавные, минералокерамические и оснащенные композитом. По конструкции фрезы бывают цельными, зубья которых выполнены заодно с корпусом, и сборными со вставными зубьями (ножами) или пластинками. По способу закрепления различают фрезы насадные, закрепляемые на оправке со шпонкой, и концевые, закрепляемые за хвостовик. По назначению (характеру выполняемых работ) и расположению лезвий фрезы (рис. 1.17) бывают цилиндрическими, торцовыми, дисковыми и др.

Торцовая фреза — насадной многозубый инструмент; бывает сборной с пластинками из твердого сплава и со вставными ножами. Режущая часть каждого ножа (рис. 1.18, а) имеет режу-

щие кромки, расположение которых определяется проекцией на осевую плоскость, проходящую через вершину зуба фрезы. Главная режущая кромка имеет угол  $\varphi = 45 \div 90^\circ$ . Вспомогательная режущая кромка имеет угол  $\varphi_1 = 0 \div 5^\circ$ .

Для снижения шероховатости обработанной поверхности вспомогательная кромка имеет два участка — дополнительную кромку с  $\varphi_{1д} = 0^\circ$  и  $f_{1д} = 1,5 \div 2$  мм и собственно вспомогательную кромку с  $\varphi_1 \geq 2^\circ$ . Вершина зуба бывает прямолинейной ( $\varphi_0 \approx \varphi/2$ ,  $f_0 = 1,5 \div 2$  мм) и скругленной на радиусе  $r = 2 \div 3$  мм. Последние фрезы более стойкие к изнашиванию и менее чувствительны к биению главных режущих кромок; их применяют для чернового и полукругового фрезерования. Задние углы  $\alpha$  каждой режущей кромки измеряют в плоскости, перпендикулярной проекции данной кромки на осевую плоскость фрезы, и равны  $15^\circ$  на пластинке и  $20^\circ$  на державке. Передний угол зависит от угла установки ножа в корпус, при  $\nu = 5 \div 8^\circ$  фаска  $f$  равна  $0,4 - 0,6$  мм с углом  $\gamma_\varphi = +5 \div (-10^\circ)$  в зависимости от обрабатываемого материала. Главная режущая кромка не лежит в осевой плоскости фрезы и образует с ней угол наклона  $\lambda = + (5 \div 8^\circ)$ .

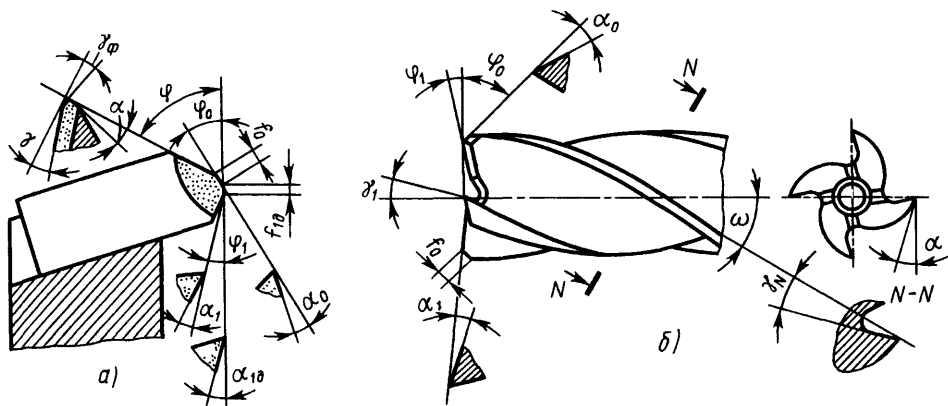


Рис. 1.18. Геометрия торцевой (а) и концевой (б) фрез

Концевая фреза — многозубый инструмент, предназначенный для обработки пазов и фасонных поверхностей (рис. 1.18, б). Винтовые кромки являются главными режущими кромками с  $\varphi=90^\circ$  и углом наклона  $\omega=30 \div 45^\circ$ . Концевые фрезы диаметром от 5 мм имеют на торце прямолинейные вспомогательные режущие кромки с углом  $\varphi_1=2 \div 4^\circ$ . Между главными (винтовыми) вспомогательными (торцовыми) режущими кромками располагаются переходные кромки с углом  $\varphi_0=45^\circ$  при  $f_0=0,5 \div 1,0$  мм. Рабочую часть концевой фрезы делают цельной из быстрорежущей стали или твердого сплава или составной с винтовыми твердосплавными пластинками, напаянными на стальной корпус. Задний угол винтового зуба  $\alpha=8 \div 15^\circ$ . Передний угол  $\gamma_N=12 \div 18^\circ$  задают в нормальной плоскости, перпендикулярной винтовой линии режущей кромки. Передние и задние углы вспомогательной (торцевой) и переходной кромки задают в нормальных плоскостях, перпендикулярных этим кромкам:  $\gamma_{1N}=6 \div 17^\circ$ ,  $\alpha_{1N}=8 \div 12^\circ$ ,  $\alpha_{0N}=10 \div 15^\circ$ . Число зубьев у концевых фрез  $z=3 \div 6$ .

**Абразивные инструменты.** При токарной обработке для обеспечения точности и высокого качества обрабатываемых поверхностей, а также при заточке и доводке режущего инструмента применяют абразивные инструменты.

В процессе резания металла абразивными инструментами участвует большое число одинаковых по размеру абразивных зерен, скрепленных связующим веществом

(связкой). Связка определяет прочность и твердость инструмента, влияет на режимы, производительность и качество обработки. Связки бывают неорганическими и органическими. К первым относят керамическую и металлическую, ко вторым — бакелитовую и вулканитовую.

Керамическая связка (К) создается на основе огнеупорной глины, обладает высокой прочностью, жесткостью, теплоустойчивостью и химической стойкостью, хорошо сохраняет профиль круга.

Бакелитовая связка (Б) создается на основе смол и обладает хорошей самозаточиваемостью и полирующим свойством, уступает керамической связке по теплоустойчивости и стойкости к щелочам.

Вулканитовая связка (В) создается на основе синтетического каучука и обладает высокой упругостью и плотностью, уступает по прочности и теплоустойчивости.

Металлическая связка (М) создается на основе сплава меди, олова, цинка, никеля и других элементов и используется в основном для алмазных и эльборовых кругов, обладает высокой стойкостью, прочностью и теплопроводностью.

По степени твердости различают мягкие (М1, М2, М3), среднемягкие (СМ1, СМ2), средние (С1, С2), среднетвердые (СТ1, СТ2, СТ3), твердые (Т1, Т2) и другие шлифовальные круги.

Зернистость, связка, степень твердости и другие параметры маркируют на каждом абразивном инструменте, которые составляют его характеристику. Например, на шлифовальном круге может быть приведе-



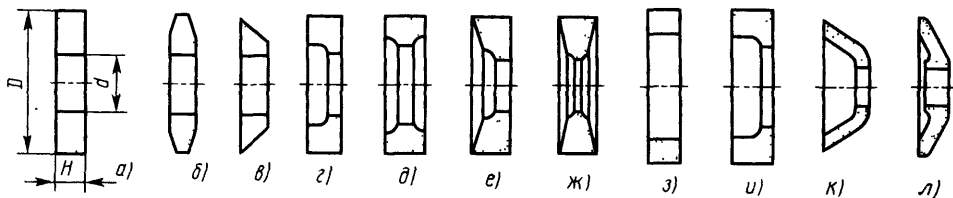


Рис 1.19. Профили шлифовальных кругов:

а — прямой (ПП), б и в — конический (2П, 3П), г, д, е, ж — с выточкой (соответственно ПВ, ПВК, ПВД, ПВДК), з — кольцевой (К), и, к — чашечный (ЧЦ и ЧК), л — тарельчатый (Т), D и d — наружный и внутренний диаметр круга, H — высота

на следующая характеристика: 14A40ПС26К5, где 14A — марка абразивного материала, 40 — номер зернистости, П — индекс зернистости, С2 — степень твердости, 6 — номер структуры, К5 — вид керамической связки.

Шлифовальные круги могут иметь различный профиль в осевом сечении: прямоугольный, чашечный (цилиндрический и конический), тарельчатый (рис. 1.19) и др.

Шлифовальные бруски изготавливают из белого электрокорунда зернистостью от 25 до М7 и зеленого карбида кремния зернистостью от 16 до М7. По форме поперечного сечения различают квадратные (БКв), прямоугольные (БП), треугольные (БТ) и другие шлифовальные бруски.

Шлифовальные шкурки выпускают на тканевой и бумажной основе, абразивный слой закрепляется на основе водостойкими или неводостойкими связками. На шлифовальные шкурки может наноситься электрокорунд белый и нормальный, карбид кремния, эльбор, алмаз и др. Зернистость абразивного материала может быть от 80 до М4.

Абразивные пасты состоят из абразивных материалов, связки и поверхностно-активных веществ. В качестве абразивных материалов применяют электрокорунд, карбид кремния, карбид бора, алмаз и др. В качестве абразивного материала пасты могут включать оксиды железа, хрома, алюминия и др. Абразивные пасты подразделяют по консистенции на твердые (Т) и мажобразные (М), по смываемости — на смываемые органическими растворителями (О), водой (В), а также водой и органическими растворителями (ВО); по концентрации — на повышенные (П) и нормальные (Н). В ка-

честве связки могут быть использованы, в зависимости от выполняемой работы, животные жиры, стеарин, парафин, вазелин, веретенное масло и др.

Повышение активности паст достигается введением поверхностно-активных элементов; к ним относят олеиновую и стеариновую кислоты.

#### 1.4. Инструментальные материалы

Режущие инструменты изготавливают целиком или частично из инструментальных сталей и твердых сплавов.

Инструментальные стали разделяют на углеродистые, легированные и быстрорежущие. Углеродистые инструментальные стали применяют для изготовления инструмента, работающего при малых скоростях резания. Из углеродистой стали марок У9 и У10А изготавливают ножи, ножницы, пилы, из У11, У11А, У12 — слесарные метчики, напильники и др. Буква У в марке стали обозначает, что сталь углеродистая, цифра после буквы указывает на содержание в стали углерода в десятых долях процента, а буква А — на то, что сталь углеродистая высококачественная, так как содержит серы и фосфора не более 0,03 % каждого.

Основными свойствами этих сталей является высокая твердость (HRC 62—65) и низкая теплостойкость. Под теплостойкостью понимается температура, при которой инструментальный материал сохраняет высокую твердость (HRC 60) при многократном нагреве. Для сталей У10А—У13А теплостойкость равна 220 °С, поэтому рекомендуемая скорость резания инструментом из этих сталей должна быть не более 8—10 м/мин.

Легированные инструментальные стали бывают хромистыми (Х), хромистокремнистыми (ХС) и хромовольфрамомарганцовистыми (ХВГ) и др.

Цифры в марке стали обозначают состав (в процентах) входящих компонентов. Первая цифра слева от буквы определяет содержание углерода в десятых долях процента. Цифры справа от буквы указывают среднее содержание легирующего элемента в процентах. Если содержание легирующего элемента или углерода близко к 1 %, цифра не ставится.

Из стали марки Х изготавливают метчики, плашки, резцы; из стали 9ХС, ХГС — сверла, развертки, метчики и плашки; из стали ХВ4, ХВ5 — сверла, метчики, развертки; из стали ХВГ — длинные метчики и развертки, плашки, фасонные резцы.

Теплостойкость легированных инструментальных сталей достигает 250—260 °С и поэтому допустимые скорости резания для них в 1,2—1,5 раза выше, чем для углеродистых сталей.

Быстрорежущие (высоколегированные) стали применяют для изготовления различных инструментов, но чаще сверл, зенкеров, метчиков.

Быстрорежущие стали обозначают буквами и цифрами, например Р9, Р6М3 и др. Первая Р (рапид) означает, что сталь быстрорежущая. Цифры после нее указывают среднее содержание вольфрама в процентах. Остальные буквы и цифры обозначают то же, что и в марках легированных сталей.

Эти группы быстрорежущих сталей отличаются по своим свойствам и областям применения. Стали нормальной производительности, имеющие твердость до HRC 65, теплостойкость до 620 °С и прочность на изгиб 3000—4000 МПа, предназначены для обработки углеродистых и низколегированных сталей с пределом прочности до 1000 МПа, серого чугуна и цветных металлов. К сталям нормальной производительности относят вольфрамовые марок Р18, Р12, Р9, Р9Ф5 и вольфрамо-молибденовые марок Р6М3, Р6М5, сохраняющие твердость не ниже HRC 62 до температуры 620 °С.

Быстрорежущие стали повышенной производительности, легированные кобальтом или ванадием, с твердостью до

HRC 73—70 при теплостойкости 730—650 °С и с прочностью на изгиб 250—280 МПа предназначены для обработки труднообрабатываемых сталей и сплавов с пределом прочности свыше 1000 МПа, титановых сплавов и др. Улучшение режущих свойств этой стали достигается повышением содержания в ней углерода с 0,8 до 1 %, а также дополнительным легированием цирконием, азотом, ванадием, кремнием и другими элементами. К быстрорежущим сталям повышенной производительности относят 10Р6М5К5, Р2М6Ф2К8АТ, Р18Ф2, Р14Ф4, Р6М5К5, Р9М4ЕВ, Р9К5, Р9К10, Р10К5Ф5, Р18К5Ф2, сохраняющие твердость HRC 64 до температуры 630—640 °С.

Твердые сплавы делят на металлокерамические и минералокерамические, их выпускают в виде пластинок разной формы. Инструменты, оснащенные пластинками из твердых сплавов, позволяют применять более высокие скорости резания, чем инструменты из быстрорежущей стали.

Металлокерамические твердые сплавы разделяют на вольфрамовые, титановольфрамовые, титанотанталовольфрамовые.

Вольфрамовые сплавы группы ВК состоят из карбидов вольфрама и кобальта. Применяют сплавы марок ВК3, ВК3М, ВК4, ВК6, ВК6М, ВК8, ВК10М. Буква В означает карбид вольфрама, К — кобальт, цифра — процентное содержание кобальта (остальное — карбид вольфрама). Буква М, приведенная в конце некоторых марок, означает, что сплав мелкозернистый. Такая структура сплава повышает износостойкость инструмента, но снижает сопротивляемость ударам. Применяются вольфрамовые сплавы для обработки чугуна, цветных металлов и их сплавов и неметаллических материалов (резина, пластмассы, фибры, стекла и др.).

Титановольфрамовые сплавы группы ТК состоят из карбидов вольфрама, титана и кобальта. К этой группе относят сплавы марок Т5К10, Т5К12, Т14К8, Т15К6, Т30К4. Буква Т и цифра за ней указывают на процентное содержание карбида титана, буква К и цифра за ней — процентное содержание карбида кобальта, остальное в данном сплаве —

карбид вольфрама. Применяются эти сплавы для обработки всех видов сталей.

Титанотанталовольфрамовые сплавы группы ТТК состоят из карбидов вольфрама, титана, тантала и кобальта. К этой группе относят сплавы марок ТТ7К12 и ТТ10КВ-Б, содержащие соответственно 7 и 10 % карбидов титана и тантала, 12 и 8 % кобальта, остальное — карбид вольфрама. Эти сплавы работают в особо тяжелых условиях обработки, когда применение других инструментальных материалов не эффективно.

Сплавы, имеющие меньшее процентное содержание кобальта, марок ВК3, ВК4 обладают меньшей вязкостью; применяются для обработки со снятием тонкой стружки на чистовых операциях. Сплавы, имеющие большее содержание кобальта марок ВК8, Т14К8, Т5К10 обладают большей вязкостью, их применяют для обработки со снятием толстой стружки на черновых операциях.

Мелкозернистые твердые сплавы марок ВК3М, ВК6М, ВК10М и крупнозернистые сплавы марок ВК4 и Т5К12 применяют в условиях пульсирующих нагрузок и при обработке труднообрабатываемых нержавеющей, жаропрочных и титановых сплавов.

Твердые сплавы обладают высокой теплостойкостью. Вольфрамовые и титановольфрамовые твердые сплавы сохраняют твердость при температуре в зоне обработки 800—950 °С, что позволяет работать при высоких скоростях резания (до 500 м/мин при обработке сталей и 2700 м/мин при обработке алюминия).

Для обработки деталей из нержавеющей, жаропрочных и других труднообрабатываемых сталей и сплавов предназначены особо мелкозернистые вольфрамкобальтовые сплавы группы ОМ: ВК6-ОМ — для чистовой обработки, а сплавы ВК10-ОМ и ВК15-ОМ — для получистовой и черновой обработки. Дальнейшее развитие и совершенствование сплавов для обработки труднообрабатываемых материалов вызвало появление сплавов марок ВК10-ХОМ и ВК15-ХОМ, в которых карбид тантала заменен карбидом хрома. Легирование сплавов карбидом хрома увеличивает их твердость и прочность при повышенных температурах.

Для повышения прочности пластинок из твердого сплава применяют плакирование — покрытие их защитными пленками. Широко применяют износостойкие покрытия из карбидов, нитридов и карбонитридов титана, нанесенные на поверхность твердосплавных пластин в виде тонкого слоя толщиной 5—10 мкм. При этом на поверхности твердосплавных пластин образуется мелкозернистый слой карбида титана, обладающий высокой твердостью, износостойкостью и химической устойчивостью при высоких температурах. Стойкость твердосплавных пластин с покрытием в среднем в 1,5—3 раза выше стойкости обычных пластин, скорость резания ими может быть увеличена на 25—80 %. В тяжелых условиях резания, когда наблюдаются выкрашивание и сколы у обычных пластин, эффективность пластин с покрытием снижается.

Промышленностью освоены экономичные безвольфрамовые твердые сплавы на основе карбида титана и ниобия, карбонитридов титана на никелемолибденовой связке. Применяют безвольфрамовые твердые сплавы марок ТМ1, ТМ3, ТН-20, ТН-30, КНТ-16. Они обладают более высокой окалинстойкостью, превышающей стойкость сплавов на основе карбида титана (Т15К6, Т15К10) более чем в 5—10 раз. При обработке на высоких скоростях резания на поверхности сплава образуется тонкая оксидная пленка, выполняющая роль твердой смазки, что обеспечивает повышение износостойкости и снижение шероховатости обработанной поверхности. Вместе с тем безвольфрамовые твердые сплавы имеют более низкие ударную вязкость и теплопроводность, а также стойкость к ударным нагрузкам, чем сплавы группы ТК. Это позволяет применять их при чистовой и получистовой обработке конструкционных и низколегированных сталей и цветных металлов.

Из минералокерамических материалов, основной частью которых является оксид алюминия с добавкой относительно редких элементов: вольфрама, титана, тантала и кобальта, распространена оксидная (белая) керамика марок ЦМ-332, ВО13 и ВШ-75. Она отличается высокой теплостойкостью (до 1200 °С) и износостойкостью, что позволя-

об обрабатывать металл на высоких скоростях резания (при чистовом обтачивании чугуна — до 3700 м/мин), которые в 2 раза выше, чем для твердых сплавов.

В настоящее время для изготовления режущих инструментов применяют режущую (черную) керамику марок ВЗ, ВОК-60, ВОК-63, ВОК-71.

Режущая керамика (кермет) представляет собой оксидно-карбидное соединение из оксида алюминия и 30—40 % карбидов вольфрама и молибдена или молибдена и хрома и тугоплавких связей. Введение в состав минералокерамики металлов или карбидов металлов улучшает ее физико-механические свойства, а также снижает хрупкость. Это позволяет увеличить производительность обработки за счет повышения скорости резания. Получистовая и чистовая обработка деталей из серых, ковких чугунов, труднообрабатываемых сталей, некоторых цветных металлов и сплавов производится со скоростью резания 435—1000 м/мин без смазочно-охлаждающей жидкости. Режущая керамика отличается высокой теплостойкостью.

Оксидно-нитридная керамика состоит из нитридов кремния и тугоплавких материалов с включением оксида алюминия и других компонентов (силинит-Р и кортинит ОНТ-20).

Силинит-Р по прочности не уступает оксидно-карбидной минералокерамике, но обладает большей твердостью (HRA 94—96) и стабильностью свойств при высокой температуре. Он не взаимодействует в процессе резания с большинством сталей и сплавов на основе алюминия и меди; применяют на операциях получистового и чистового точения различных материалов, а также при обработке закаленных сталей.

Закаленные и цементированные стали (HRC 40—67), высокопрочные чугуны, твердые сплавы типа ВК25 и ВК15, стеклопластики и другие материалы обрабатывают инструментом, режущая часть которого изготовлена из крупных поликристаллов диаметром 3—6 мм и длиной 4—5 мм на основе кубического нитрида бора (эльбор-Р, кубонит-Р, гексанит-Р). По твердости эльбор-Р приближается к алмазу (86 000 МПа), а его теплостойкость в 2 раза выше теплостойкости алмаза

(~1600 °С). Эльбор-Р химически инертен к материалам на основе железа. Прочность поликристаллов на сжатие достигает 4000—5000 МПа, на изгиб — 700 МПа, теплостойкость — 1350—1450 °С.

Из других сверхтвердых материалов распространены синтетические алмазы типа баланс (марка АСБ), карбонадо (марка АСПК). Карбонадо химически более активен к углеродсодержащим материалам, поэтому применяется для точения цветных металлов, высококремнистых сплавов, твердых сплавов типа ВК10 — ВК30, неметаллических материалов. Стойкость резцов из карбонадо в 20—50 раз выше стойкости резцов из твердых сплавов.

К абразивным материалам относят электрокорунд нормальный марок 14А, 15А и 16А, электрокорунд белый марок 23А, 24А и 25А, монокорунд марок 43А, 44А и 45А. Карбид кремния зеленый марок 63С и 64С и черный марок 53С и 54С, карбид бора, эльбор, синтетический алмаз и др.

Абразивные материалы характеризуются зернистостью — линейными размерами зерен и подразделяются на шлифзерно от № 200 до № 16 (соответственно от 2500 до 160 мкм); шлифпорошки от № 12 до № 4 (соответственно от 160 до 40 мкм); микропорошки от М63 до М14 (соответственно от 63 до 10 мкм).

Из абразивных материалов изготавливают порошки, которые предназначены для обработки резанием в свободном и в связанном состоянии в виде абразивного инструмента (шлифовальных кругов, брусков, шкур, лент и др.) и паст.

## 1.5. Заточка инструмента

На машиностроительных предприятиях инструмент, как правило, затачивают централизованно. Вместе с тем иногда необходимо затачивать инструмент вручную.

Для ручной заточки инструмента применяют точильно-шлифовальные станки, например станок модели ЗБ633, состоящий из шлифовальной головки и станины (рис. 1.20). В шлифовальную головку встроен двухскоростной электродвигатель. На выходящих концах вала ротора крепятся шлифовальные круги, которые закрываются кожухами с защитными экра-

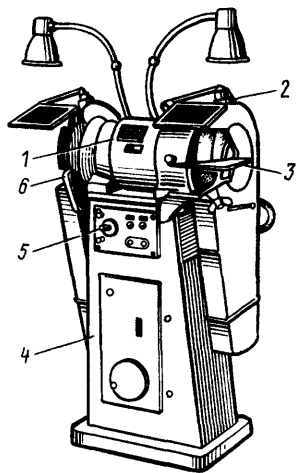


Рис. 1.20. Точильно-шлифовальный заточный станок модели 3B633:

1 - шлифовальная головка, 2 - защитный экран, 3 - поворотный столик, 4 - станина, 5 - пульт управления, 6 - подручник

нами. Станок оснащается поворотным столиком или подручником для установки реза. В станине размещаются электрошкаф и панель управления.

Точильно-шлифовальные станки в зависимости от назначения и размеров шли-

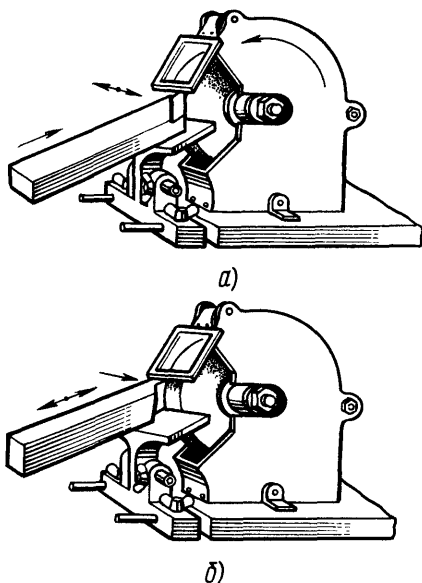


Рис. 1.21. Заточка резца на точильно-шлифовальном станке:  
а - по задней поверхности, б - по передней поверхности

фовальных кругов можно подразделить на три группы: малые станки с кругом диаметром 100—175 мм для заточки мелкого инструмента, средние станки с кругом диаметром 200—350 мм для заточки основных типов резцов и другого инструмента, крупные станки с кругом диаметром 400 мм и более для шлифования деталей и обдирочно-зачистных работ.

Резцы в зависимости от их конструкции и характера изнашивания затачивают по передней, задней или по обеим поверхностям. Стандартные резцы с пластинками из твердого сплава или быстрорежущей стали наиболее часто затачивают по всем режущим поверхностям. В ряде случаев при незначительном износе резцов по передней поверхности их затачивают только по задней поверхности.

При заточке на точильно-шлифовальных станках резец устанавливают на поворотный столик или подручник и вручную прижимают обрабатываемой поверхностью к шлифовальному кругу. Для равномерного изнашивания круга резец необходимо перемещать по столику или подручнику относительно рабочей поверхности круга.

При заточке резца по задним поверхностям столик или подручник поворачивают на заданный задний угол и закрепляют в непосредственной близости к кругу. Резец устанавливают на столике или подручнике так, чтобы режущая кромка располагалась параллельно рабочей поверхности круга. Переднюю поверхность резца чаще всего затачивают боковой поверхностью круга, при этом резец устанавливают на подручнике боковой поверхности. Переднюю поверхность можно затачивать и периферией круга, однако этот способ менее удобен. Резцы из быстрорежущей стали затачивают сначала по передней, затем по главной и вспомогательной задней поверхностям. При заточке твердосплавных резцов применяют такой же порядок операций, но предварительно обрабатывают задние поверхности стержня под углом, на 2—3° большим, чем угол заточки на пластинке твердого сплава. Примеры заточки резцов на точильно-шлифовальном станке показаны на рис. 1.21.

Качество заточки зависит от квалификации рабочего, производящего заточку, и характеристик шлифовальных кругов. С увеличением усилия прижима инструмента к шлифовальному кругу возрастает производительность труда, но одновременно могут возникнуть прижоги и трещины. Обычно усилие прижима не превышает 20—30 Н. При увеличении продольной подачи вероятность образования трещин уменьшается.

Обычно на точильно-шлифовальном станке устанавливают шлифовальные круги разных характеристик, что позволяет производить предварительную и окончательную заточку инструмента. При предварительной заточке твердосплавного инструмента используют круги из карбида кремния (24А) зернистостью 40, 25, 16 и твердостью СМ2 и С1 на керамической связке (К5); окончательную заточку (при припуске 0,1—0,3 мм) выполняют на алмазных, эльборовых и мелкозернистых абразивных кругах с бакелитовой связкой.

При предварительной заточке быстрорежущих инструментов применяют шлифовальные круги из электрокорунда (23А, 24А) зернистостью 40, 25, 16 и твердостью СМ1, СМ2 на керамической связке (К5). Окончательную заточку (при припуске 0,1—0,3 мм) выполняют кругами из электрокорунда (23А, 24А) или монокорунда (43А, 45А) зернистостью 25, 16 и 12 и твердостью М3, СМ1, СМ2 на керамической связке (К5). Шероховатость поверхности инструмента после предварительной заточки равна 2,5—0,63 мкм, после окончательной — 0,63—0,1 мкм по  $Ra$ .

При заточке реза на мелкозернистом круге на режущей кромке его остаются неровности, которые непосредственно влияют на интенсивность изнашивания реза. Поэтому после заточки резец доводят на алмазном круге или на вращающихся чугуновых дисках с применением абразивных паст. Скорость вращения алмазного круга — до 25 м/с, скорость вращения диска — 1—1,5 м/с. Резец доводят по главной задней и передней поверхностям на фаске 1,5—4 мм. Вспомогательную заднюю поверхность реза не обрабатывают.

Для получения поверхностей высокого качества ( $Ra=0,32 \div 0,08$  мкм) необходимо, чтобы биение доводочного диска или круга не превышало 0,05 мм, при этом вращение их должно быть направлено под режущую кромку. Перед нанесением пасты на диск его следует слегка протереть войлочной щеткой, смоченной в керосине. Слой пасты, нанесенный на диск должен быть тонким, так как толстый слой не ускоряет процесс доводки. Доводку следует производить с легким нажимом, касаясь резцом доводочного диска без ударов. Сильный нажим не ускоряет доводку, а только увеличивает расход пасты и ускоряет изнашивание диска.

Проверку углов заточки реза можно производить шаблонами (рис. 1.22) и приборами.

Сверла затачивают по задней поверхности, придавая ей криволинейную форму для обеспечения равных задних углов в любом сечении режущих зубьев. Для этого сверло прижимают к шлифовальному кругу и одновременно поворачивают, как показано на рис. 1.23. Сначала затачивают поверхность около режущей кромки, а затем поверхность, расположенную под большим задним углом. У твердосплавных сверл сначала затачивают пластину, а затем корпус сверла.

При заточке сверл следует обеспечивать равенство двух режущих кромок по

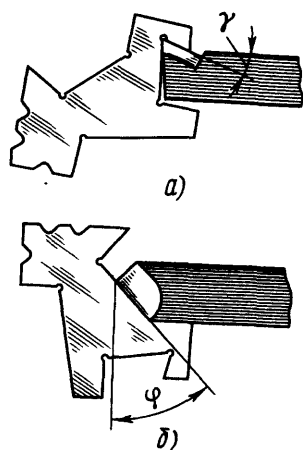


Рис. 1.22. Измерение углов реза шаблоном:

а — переднего, б — главного в плане

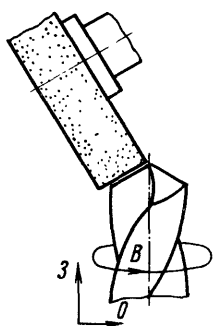


Рис. 1.23. Заточка сверла по задней поверхности:

*B* — вращение сверла,  
*O* — осцилляция,  
*З* — затылование

длине и углов  $\phi$  на зубьях; при этом задние углы по всей длине режущего зуба должны быть одинаковыми. Поперечная кромка сверла имеет отрицательные передние углы и не режет металл, а скоблит его, поэтому для уменьшения сопротивления подаче у сверл диаметром более 15 мм поперечную кромку подтачивают на круге малого диаметра (рис. 1.24, *a* — *e*). Углы заточки проверяют универсальным угломером или шаблоном (рис. 1.25).

На заточенной поверхности сверла из инструментальной стали не должно быть прижогов и трещин, а на сверлах, оснащенных пластинками твердого сплава, заусенцев и мест выкрашивания режущих кромок.

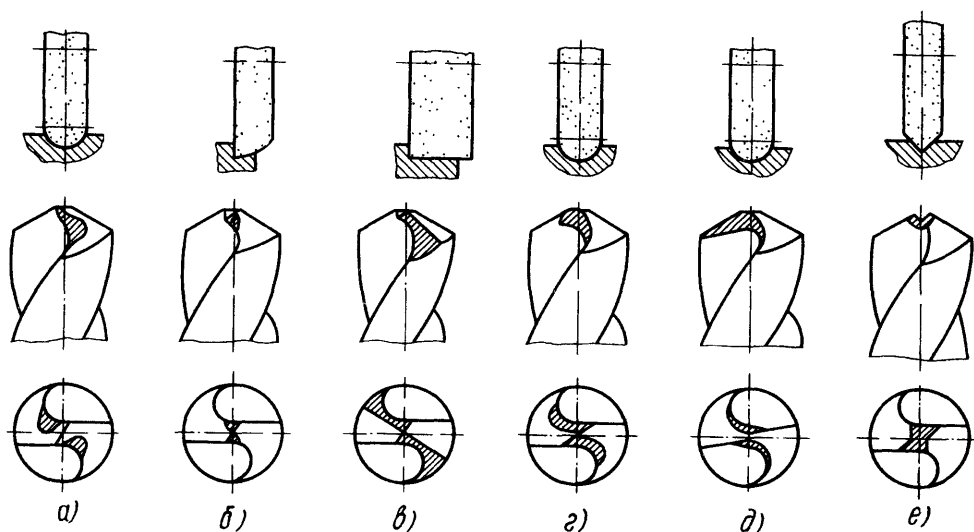


Рис. 1.24. Способы подточки поперечной режущей кромки сверла

Более точно и производительнее затачивать сверла на сверло-заточных станках в заточных отделениях.

**Правила безопасности при заточке инструмента.** Прежде чем приступить к заточке инструмента, необходимо убедиться в полной исправности всех механизмов и устройств заточного станка, в том числе кожухов и их кожухов.

Особое внимание должно быть обращено на кожух круга. Угол раскрытия кожуха точильно-шлифовальных станков не должен превышать  $90^\circ$ . Причем угол раскрытия по отношению к горизонталь-

ной линии не должен превышать  $65^\circ$  (рис. 1.26).

Зазор между подручником и шлифовальным кругом не должен превышать 3 мм. Подручник по высоте устанавливают так, чтобы точка касания затачиваемой поверхности инструмента с поверхностью круга находилась на уровне оси шпинделя станка или несколько выше, но не более 10 мм.

Направление вращения круга должно быть таким, чтобы инструмент прижимался к подручнику и искры, образующиеся при заточке, летели вниз. Заточку инстру-

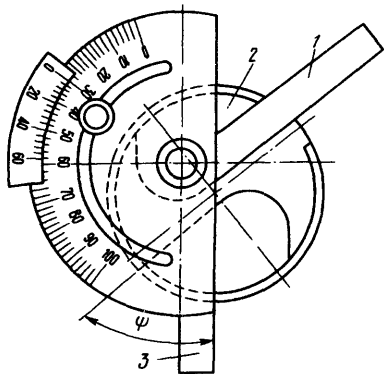


Рис. 1.25. Измерение угла  $2\varphi$  при вершине сверла универсальным угломером:

1 и 3 — планки угломера, 2 — сверло

мента необходимо выполнять в защитных очках или при опущенном защитном экране станка.

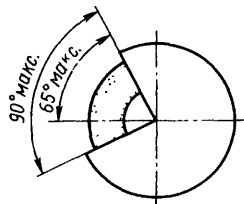


Рис. 1.26. Расположение и наибольший угол раскрытия защитного кожуха заточного станка

### Контрольные вопросы

1. Какие работы выполняют на токарных станках?
2. Назовите основные элементы процесса резания.
3. Какие материалы обрабатывают на токарных станках?
4. Назовите основные виды режущего инструмента и их элементы.
5. Какие материалы применяют для изготовления режущего инструмента?
6. Как выполняют заточку инструмента?

## 2. Токарно-винторезные станки

### 2.1. Основные типы токарных станков

Станки токарной группы наиболее распространены в машиностроении и металлообработке по сравнению с металлорежущими станками других групп. В состав этой группы входят токарно-винторезные, токарно-револьверные, токарно-карусельные, токарные автоматы и полуавтоматы и другие станки.

Токарно-винторезные станки предназначены для наружной и внутренней обработки, включая нарезание резьбы, единичных и малых групп деталей.

Токарно-револьверные станки предназначены для обработки малых и больших групп деталей сложной формы из прутка или штучных заготовок, требующих применения большого числа наименований инструмента.

Токарно-карусельные станки предназначены для обработки разнообразных по форме деталей, у которых диаметр намного больше длины. Эти станки отличаются от других токарных станков вертикальным расположением оси вращения

планшайбы, к которой крепится обрабатываемая деталь.

Токарные автоматы предназначены для обработки деталей из прутка, а токарные полуавтоматы — для обработки деталей из прутка и штучных заготовок.

Металлорежущие станки отечественного производства имеют цифровое обозначение моделей. Первая цифра в обозначении модели показывает, к какой технологической группе относится станок: 1 — токарные станки, 2 — сверлильные и расточные станки; 3 — шлифовальные станки и т. д. Вторая цифра указывает на типы станков в группе: 1 — одношпиндельные и 2 — многошпиндельные автоматы; 3 — токарно-револьверные станки; 5 — карусельные и т. д. Две последние цифры определяют технические параметры станка: высоту центров над станиной для токарного станка, наибольший диаметр обрабатываемого прутка для токарно-револьверного станка и т. д. Наличие буквы между цифрами указывает на произведенную модернизацию станка. Буква (Н, П, В, А, С) в конце цифрового обозна-



чения модели определяет точность станка. Различают станки нормальной точности — класс Н (в большинстве случаев не указывается); повышенной точности — класс П; высокой точности (прецизионные) — класс В; особо высокой точности — класс А и особо точные (мастер-станки) — класс С. Например, в обозначении токарно-винторезного станка модели 16К20П цифра 1 обозначает группу токарных станков, цифра 6 — тип станка (токарно-винторезный), цифра 20 — высоту центров в см, буква К — модернизацию станка, буква П — станок повышенной точности.

## 2.2. Классификация токарно-винторезных станков

Техническими параметрами, по которым классифицируют токарно-винторезные станки (рис. 2.1), являются наибольший диаметр  $D$  обрабатываемой детали или высота центров над станиной (равная  $0,5D$ ), наибольшая длина  $L$  обрабатываемой детали и масса станка.

Ряд наибольших диаметров обрабатываемой детали имеет вид:  $D=100, 125, 160, 200, 250, 320, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000$  и далее до 4000 мм. Наибольшая длина  $L$  обрабатываемой детали определяется расстоянием между центра-

ми станка. При одном и том же  $D$  изготавливают станки для обработки коротких и длинных деталей.

По массе токарные станки делят на легкие — до 500 кг ( $D=100 \div 200$  мм), средние — до 4 т ( $D=250 \div 500$  мм), крупные — до 15 т ( $D=630 \div 1250$  мм), тяжелые — 400 т ( $D=1600 \div 4000$  мм).

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

На средних токарных станках выполняют 70—80 % общего объема токарных работ. Станки этой группы предназначены для выполнения чистовой и полустойковой обработки, нарезания резьб. Станки имеют высокую жесткость, достаточную мощность и широкий диапазон частот вращения шпинделя и подач инструмента, что позволяет обрабатывать детали с применением современных прогрессивных инструментов из твердых и сверхтвердых материалов. Предусмотрено также оснащение станков различными приспособлениями для расширения их технологических возможностей, облегчающих труд рабочего и повышающих качество обработки. Станки имеют достаточно высокий уровень автоматизации.

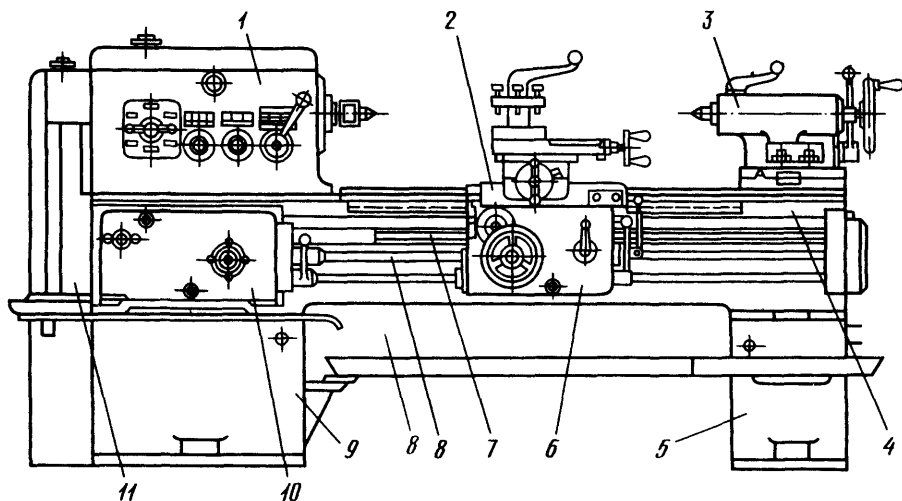


Рис. 2.1. Устройство токарно-винторезного станка:

1 — передняя бабка, 2 — суппорт, 3 — задняя бабка, 4 — станина, 5 и 9 — тумбы, 6 — фартук, 7 — ходовой винт, 8 — ходовой валик, 10 — коробка подач, 11 — гитары сменных шестерен

Крупные и тяжелые токарные станки предназначены в основном для тяжелого и энергетического машиностроения и других отраслей. Станки этого типа менее универсальны, чем станки среднего типа, и приспособлены в основном для обработки определенных типов деталей (валков прокатных станов, железнодорожных колесных пар, роторов турбин и др.).

### 2.3. Главный привод станка. Механизм и коробка подач

**Главный привод станка.** В передней бабке размещены шпиндель и коробка скоростей (рис. 2.2), которые сообщают заготовке главное движение и подачу при выбранной глубине резания.

Заготовка зажимается в кулачковом патроне, который крепится к фланцу

шпинделя 13. Вращение от электродвигателя 1, через ременную передачу 2 и муфту включения 3 передается на вал 5.

Блок из трех шестерен 7, 8, 9, расположенный на валу 5, с помощью реечной передачи связан с рукояткой 17. Этой рукояткой блок шестерен вводится в зацепление с зубчатым колесом 4 (или 10, или 11), жестко закрепленным на валу 6. Колеса 4 и 12 сопряжены соответственно с колесами 15 и 16, которые передают крутящий момент шпинделю через зубчатую муфту 14, соединенную с рукояткой 18. Если муфта передвинута вправо, то шпиндель получает вращение через зубчатое колесо 16, а если влево — через зубчатое колесо 15. Таким образом приведенная коробка скоростей обеспечивает шесть ступеней частоты вращения шпинделя.

**Механизм и коробка подач.** Механизм подач соединяет суппорт станка

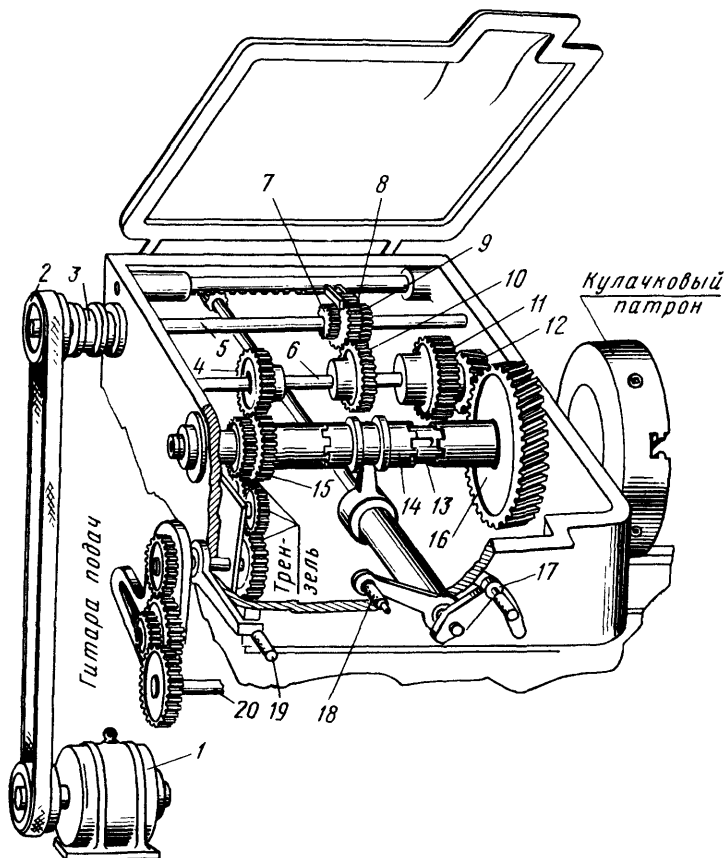


Рис. 2.2. Устройство шестискоростной коробки скоростей токарного станка

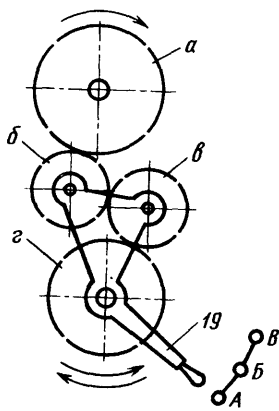


Рис. 2.3. Схема трензеля

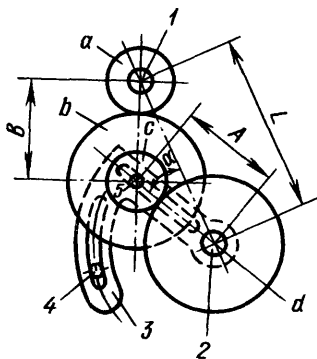


Рис. 2.4. Схема двухпарной гитары

с коробкой скоростей, посредством реверсивного механизма (трензеля) и гитары осуществляет изменение направления и скорости перемещения суппорта станка. От коробки скоростей через трензель (рис. 2.3), который состоит из четырех зубчатых колес *a*, *б*, *в*, *г*, связанных с рукояткой 19 (см. рис. 2.2), осуществляется реверсирование движения приводного вала 20 суппорта станка.

При нижнем крайнем положении рукоятки 19 (положении *A*) зубчатые колеса (*a*, *б*, *в*, *г*) соединены последовательно и направление вращения вала 20 совпадает с направлением вращения шпинделя. При верхнем положении рукоятки 19 (положение *B*) соединены только зубчатые колеса (*a*, *в*, *г*) и направление вращения вала 20 изменяется на противоположное. В среднем положении рукоятки 19 (положение *Б*) зубчатые колеса *б* и *в* не соединяются с зубчатым колесом *a* и вал 20 не вращается.

С помощью гитары (рис. 2.4) устанавливают (настраивают) зубчатые колеса с определенным передаточным отношением, обеспечивающим необходимое перемещение суппорта на один оборот шпинделя станка. Расстояние *L* между валом 1 колес

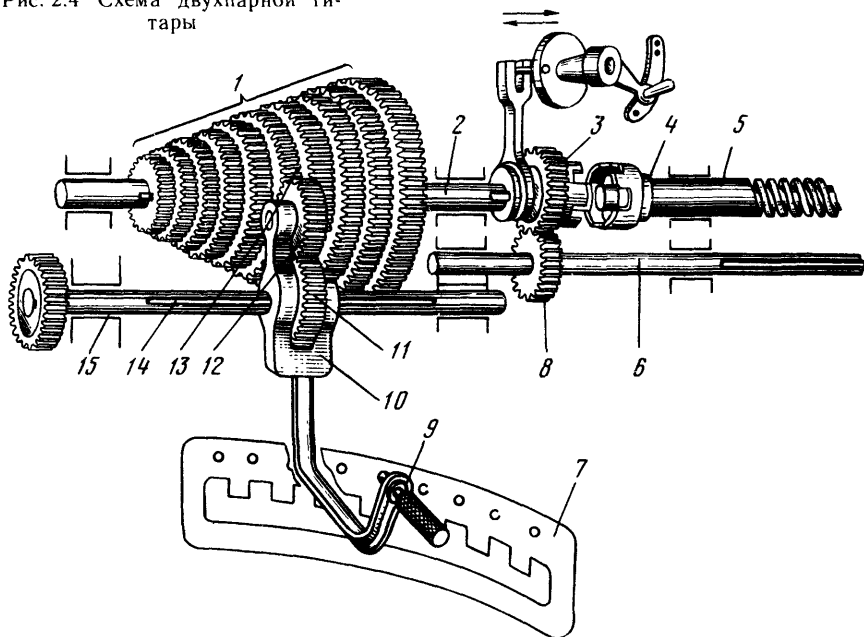


Рис. 2.5. Коробка передач

са а и валом 2 является постоянным. На валу 2 свободно установлен приклон 3 гитары, закрепленный болтом 4. Ось 5 промежуточных колес *b* и *c* можно перемещать по радиальному пазу, тем самым изменяя расстояние *A* между центрами колес *c* и *d*. Дуговой паз приклона позволяет регулировать размер *B*.

Назначение коробки подач — изменять скорости вращения ходового винта и ходового вала, что обеспечивает перемещение суппорта с выбранной скоростью в продольном и поперечном направлениях. Вал 14 коробки подач (рис. 2.5) получает вращение от зубчатых колес гитары. Вместе с валом 14 на опорах 15 вращается и имеет возможность перемещаться вдоль него зубчатое колесо 11 вместе с рычагом 10. На одном конце рычага 10 вращается закрепленное на оси зубчатое колесо 12, сопряженное с зубчатым колесом 11, а на другом — расположена рукоятка 9. За рукоятку 9 рычаг 10 перемещается вдоль вала 14 и может занимать любое из десяти положений соответственно числу зубчатых колес в механизме 1 Нортонa. В каждом из таких положений рычаг 10 поворачивается рукояткой 9 и удерживается ее штифтом, который входит в соответствующие отверстия на передней стенке 7 коробки подач. При этом зубчатое колесо 12 входит в зацепление с соответствующим зубчатым колесом 13 механизма 1, вращающего

вал 2 с заданной частотой. Вместе с валом 2 вращается зубчатое колесо 3, которое может перемещаться вдоль него рукояткой. При перемещении вправо зубчатое колесо 3 с помощью кулачковой муфты 4 соединяется с ходовым винтом 5 и передает ему вращательное движение, а при перемещении влево — входит в зацепление с зубчатым колесом 8 и передает вращательное движение ходовому валу 6.

## 2.4. Суппорт, фартук, задняя бабка и система смазывания станка

**Суппорт.** Он (рис. 2.6) предназначен для перемещения во время обработки режущего инструмента, закрепленного в резцедержателе. Он состоит из нижних салазок 1 (продольного суппорта), которые перемещаются по направляющим станины с помощью рукоятки 15 и обеспечивают перемещение резца вдоль заготовки. На нижних салазках по направляющим 12 перемещаются поперечные салазки 3 (поперечный суппорт), которые обеспечивают перемещение резца перпендикулярно оси вращения заготовки (детали). На поперечных салазках 3 расположена поворотная плита 4, которая закрепляется гайкой 10. По направляющим 5 поворотной плиты 4 перемещаются с помощью рукоятки 13 верхние салазки 11, которые вместе с плитой 4 могут поворачиваться в гори-

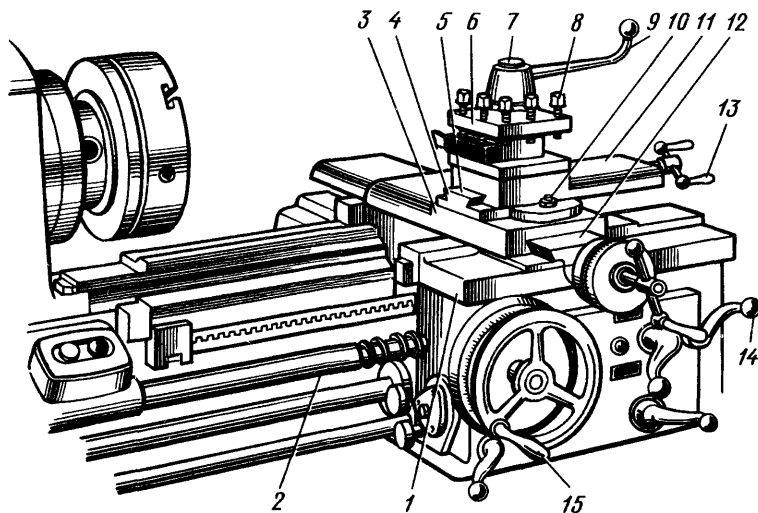


Рис. 2.6. Суппорт токарного станка

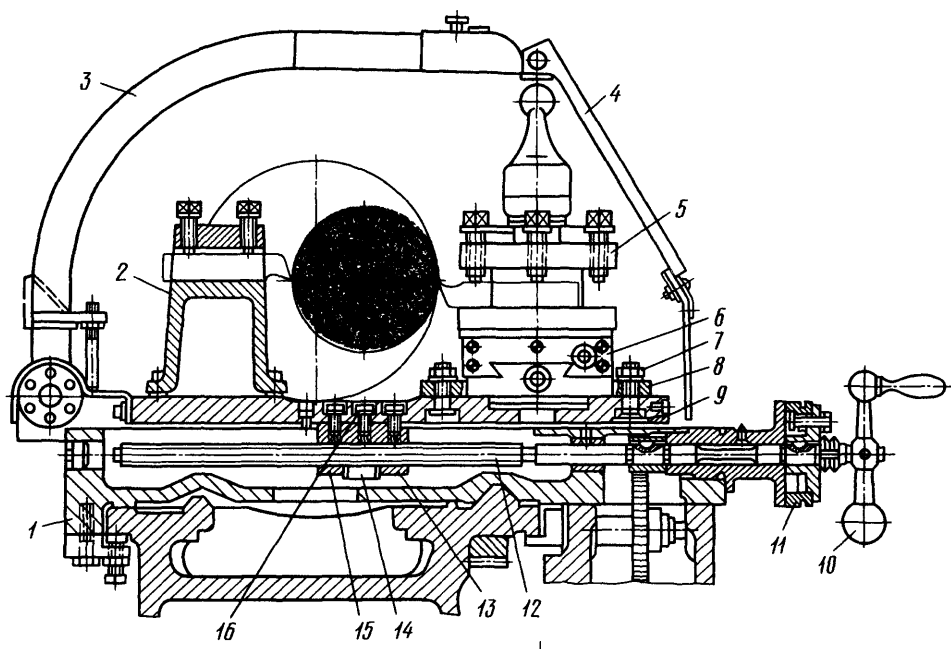


Рис. 2.7. Поперечный суппорт

горизонтальной плоскости относительно поперечных салазок и обеспечивать перемещение резца под углом к оси вращения заготовки (детали). Резцедержатель 6 (резцовая головка) с болтами 8 крепится к верхним салазкам с помощью рукоятки 9, которая, перемещаясь по винту 7, зажимает резец. Привод перемещения суппорта производится от ходового винта 2 и ходового вала, расположенного под ходовым винтом. Включение автоматических подач производится рукояткой 14.

Устройство поперечного суп-

порта показано на рис. 2.7. По направляющим продольного суппорта 1 ходовым винтом 12, оснащенным рукояткой 10, перемещаются салазки поперечного суппорта. Ходовой винт 12 закреплен одним концом в продольном суппорте 1, а другим — связан с гайкой, состоящей из двух частей 15 и 13 и клина 14, которая крепится к поперечным салазкам 9. Затягивая винт 16, раздвигают клином 14 обе части 15 и 13 гайки, в результате чего выбирается зазор между ходовым винтом 12 и гайкой. Величину перемещения поперечного суппорта определяют по шкалу 11. К поперечному суппорту крепится гайками 7 поворотная плита 8, вместе с которой поворачиваются верхние салазки 6 и резцедержатель 5.

На некоторых станках на поперечных салазках 9 устанавливается задний резцедержатель 2 для проточки канавок, отрезки и других работ, которые могут быть выполнены перемещением поперечного суппорта, а также кронштейн 3 с щитком 4, защищающим рабочего от попадания стружки и брызг смазочно-охлаждающей жидкости.

Устройство резцедержателя показано на рис. 2.8. В центрирующей

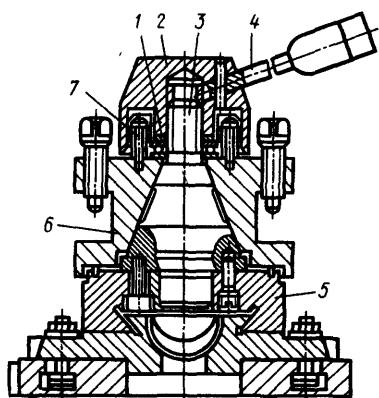


Рис. 2.8. Резцедержатель

расточке верхних салазок 5 установлена коническая оправка 3 с резьбовым концом. На конусе оправки установлена четырехсторонняя резцовая головка 6. При вращении рукоятки 4 головка 2 перемещается вниз по резьбе конической оправки 3 и через шайбу 1 и упорный подшипник обеспечивает жесткую посадку резцовой головки 6 на конической поверхности оправки 3. От проворота при закреплении резцовая головка удерживается шариком, который заклинивается между поверхностями, образованными пазом на основании конической оправки 3 и отверстием в резцовой головке 6.

При необходимости сменить позицию инструмента рукоятку 4 поворачивают против часовой стрелки. При этом головка 2 поворачивается и перемещается вверх по резьбе конической оправки 3, снимая усилие затяжки резцовой головки 6 на конусе конической оправки 3. Одновременно головка 2 поворачивает резцовую головку 6 посредством тормозных колодок, фрикционно связанных с поверхностью расточки головки 2 и соединенных с резцовой головкой 6 штифтами 7. При этом шарик, расположенный у основания конической оправки 3, не препятствует повороту резцовой головки, так как он утоплен в отверстие, сжимая пружину. Если в процессе работы рукоятка 4 (в зажатом положении) стала останавливаться в неудобном положении, то, изменяя толщину шайбы 1, можно установить ее в удобное для работы положение.

**Фартук.** Продольное и поперечное перемещение салазок суппорта производится через фартук 2 (рис. 2.9), который крепится к нижней поверхности продольного суппорта 1. Ручная продольная подача производится маховиком 15 (см. рис. 2.6), который через зубчатую передачу сообщает вращение зубчатому колесу 4 (см. рис. 2.9), катящемуся по рейке 3, закрепленной на станине 5 станка, и перемещает продольный суппорт 1 вместе с поперечным суппортом 6 и фартуком 2.

Продольная подача суппорта 1 от ходового винта 2 производится включением разъемной гайки рукояткой 14 (см. рис. 2.6). Разъемная гайка (рис. 2.10) состоит из двух частей (1 и 2), которые перемещаются по направляющим

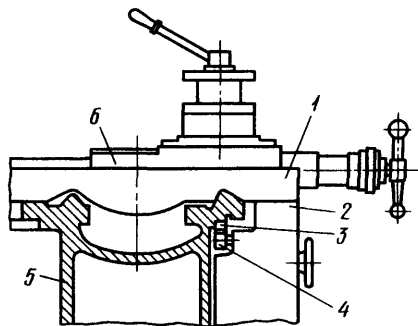


Рис. 2.9. Фартук

А при повороте рукоятки 5. При этом диск 4 посредством прорезей В, расположенных эксцентрично, перемещает пальцы 3, в результате чего обе части гайки сдвигаются или раздвигаются. Если обе части гайки охватывают ходовой винт, то производится продольная подача (перемещение) суппорта; если они раздвинуты, то подача отключается.

**Задняя бабка.** Устройство задней бабки показано на рис. 2.11. В корпусе 1 (при вращении винта 5 маховиком 7) перемещается пиноль 4, закрепляемая рукояткой 3. В пиноли устанавливается центр 2 с коническим хвостовиком (или инструмент). Задняя бабка перемещается по направляющим станка вручную или с помощью продольного суппорта. В рабочем неподвижном положении задняя бабка фиксируется рукояткой 6, которая соединена с тягой 8 и рычагом 9. Сила прижима рычага 9 тягой 8 к станине регулируется гайкой 11 и винтом 12. Более жесткое крепление задней бабки производится с помощью гайки 13 и винта 14, который прижимает к станине рычаг 10.

**Система смазывания станка.** Масла, введенные между контактирующими

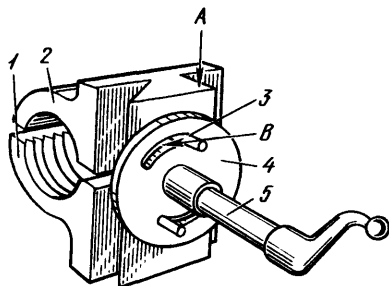


Рис. 2.10. Разъемная гайка

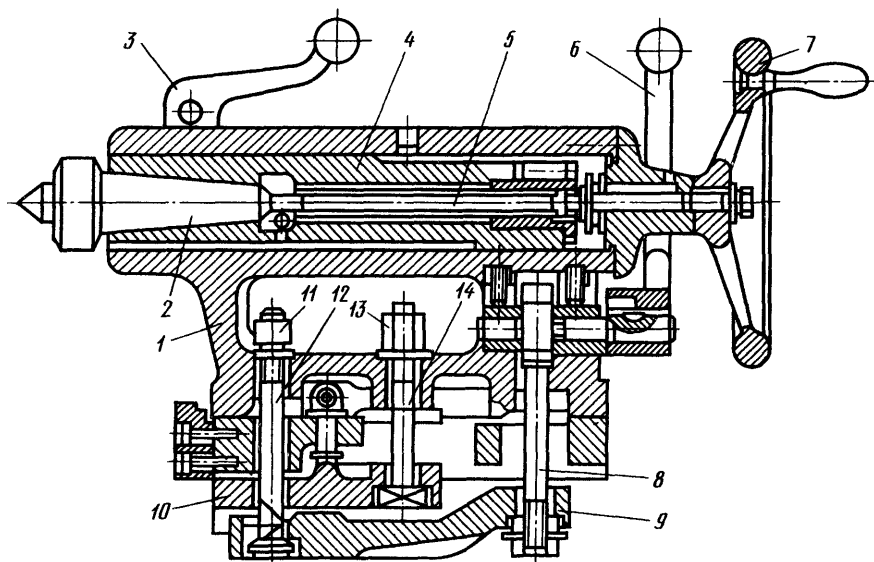


Рис. 2.11. Задняя бабка

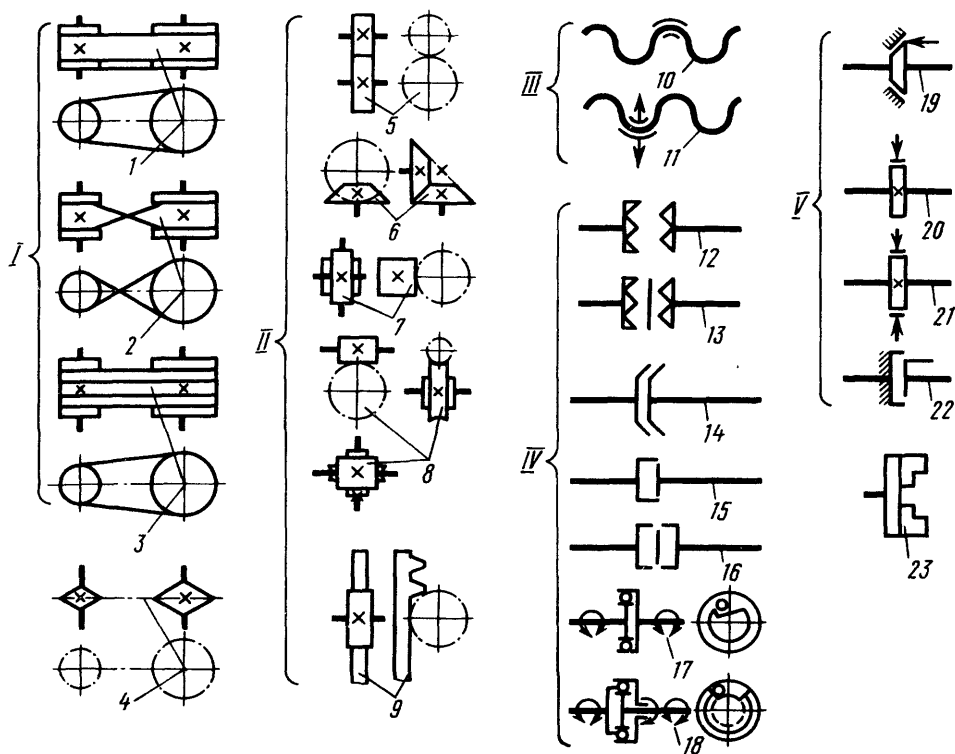


Рис. 2.12. Условные обозначения основных элементов на кинематических схемах станков: I — ременные передачи: плоская 1, перекрестная 2, клиновая 3, 4 — цепная передача; II — зубчатые передачи: цилиндрическая 5, коническая 6, винтовая 7, червячная 8, реечная 9; III — передача холодным винтом с неразъемной 10 и разъемной 11 гайками; IV — муфты: кулачковая односторонняя 12, кулачковая двусторонняя 13, конусная 14, дисковая односторонняя 15, дисковая двусторонняя 16, обгонная односторонняя 17, обгонная двусторонняя 18; V — тормоза: конусный 19, колодочный 20, ленточный 21, дисковый 22; 23 — патронный конец шпинделя

и взаимно перемещающимися поверхностями станка, образуют на них защитную пленку, которая уменьшает коэффициент трения. В результате этого уменьшаются износ деталей и затраты мощности привода на преодоление сил трения, повышается коэффициент полезного действия станка. Одновременно масла охлаждают контактирующие поверхности деталей при трении.

Для смазывания станка применяют жидкие и консистентные смазочные материалы. В качестве жидких используют, как правило, индустриальные масла марок И-20А, И-30А, в качестве консистентных — солидол С, пресс-солидол УС-1 и др.

Детали станков смазывают двумя способами — индивидуальным и централизованным. Индивидуальная смазка бывает периодического и непрерывного действия. Периодическая смазка производится вручную (из пресс-масленки) или одноплунжерным насосом, непрерывная — разбрызгивающими кольцами, капельными масленками, масляной ванной или насосами. Наиболее распространена централизованная смазка.

## 2.5. Общие сведения о кинематической схеме токарного станка

Несмотря на большое разнообразие конструкций станков, в их механизмах и агрегатах есть много общего и сходного. Поэтому применяют упрощенные, условные обозначения механизмов и их элементов (рис. 2.12), дающие наглядное представление о кинематике станков и в

некоторой степени представление об их конструкции.

Схемы, вычерченные с применением условных обозначений, называют кинематическими. На них дополнительно указывают диаметры шкивов, число зубьев и модуль зубчатых и червячных колес, число заходов червяка, шаг ходового винта, мощность и частоту вращения электродвигателя, опоры рычагов, порядковую нумерацию валов, рукоятки и маховички для ручного перемещения сборочных единиц (узлов) и др.

Упрощенная кинематическая схема токарно-винторезного станка представлена на рис. 2.13. Обрабатываемая заготовка установлена в центрах. Вращение заготовке передается от шпинделя станка через поводковый патрон и хомутик, закрепленный на заготовке (детали). Обработка заготовки производится резцом, который перемещается (с подачей  $S$ ) суппортом, связанным с ходовым винтом, имеющим шаг  $P_{х.в.}$ . Движение от шпинделя передается к ходовому винту через трензель, гитару сменных колес ( $z_1$  и  $z_2, z_3$  и  $z_4$ ) и коробку подач.

Частота вращения шпинделя рассчитывается по формуле  $n = 1000v/\pi d$ , где  $n$  — частота вращения шпинделя, об/мин;  $v$  — скорость резания, м/мин;  $d$  — диаметр обрабатываемой детали, мм. Изменение частоты вращения шпинделя производится ступенчато в соответствии с геометрическим рядом со знаменателем  $\phi$ , т. е.  $n_2 = n_1\phi$ ;  $n_3 = n_2\phi = n_1\phi^2$ ;  $n_4 = n_3\phi = n_1\phi^3$  и т. д. В практике станкостроения  $\phi = 1,26; 1,41; 1,58$ .

Быстрое изменение частоты вращения шпинделя в процессе обработки детали

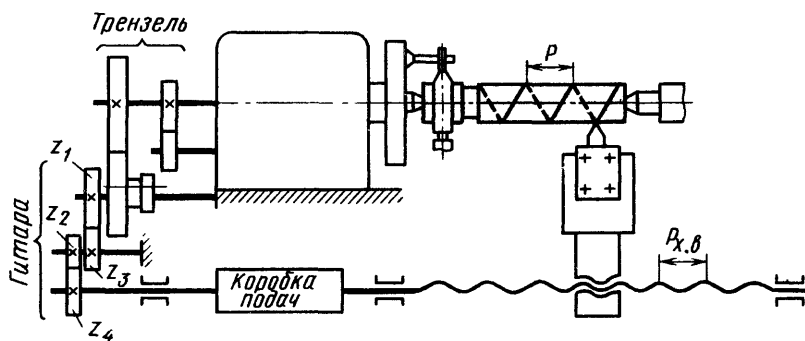


Рис. 2.13. Упрощенная кинематическая схема токарного станка



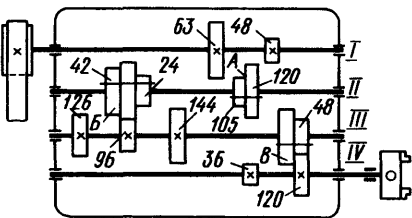


Рис. 2.14. Кинематическая схема коробки скоростей

производится с помощью коробки скоростей. Кинематическая цепь коробки скоростей обеспечивает частоту вращения шпинделя по геометрическому ряду с выбранным знаменателем  $\varphi$ .

Структурная формула коробки скоростей зависит от числа ступеней частоты вращения шпинделя:  $z = p_1 \cdot p_2 \cdot p_3 \dots p_k$ , где  $p_k$  — число ступеней в каждой группе передач между валами. Структурная формула ( $z = 12 = 2 \cdot 3 \cdot 2$ ) коробки скоростей, кинематическая схема которой приведена на рис. 2.14, указывает на то, что коробка включает в себя три группы передач ( $p_1 = 2$ ;  $p_2 = 3$ ; и  $p_3 = 2$ ). Цифрами обозначены числа зубьев колес, расположенных на I, II, III, IV валах коробки скоростей.

График изменения частоты вращения валов коробки скоростей (см. рис. 2.14) приведен на рис. 2.15. Число вертикальных линий графика соответствует числу

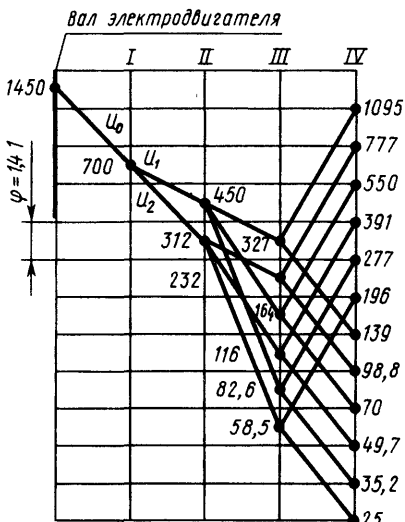


Рис. 2.15. График изменения частоты вращения валов коробки скоростей

валов коробки скоростей, число горизонтальных линий — числу ступеней частоты вращения шпинделя. Частота вращения шпинделя изменяется от  $n_1 = 25$  об/мин до  $n_{12} = 1095$  об/мин (см. рис. 2.15) по геометрическому ряду с  $\varphi = 1,41$ . Луч, соединяющий на графике две точки соседних валов, обозначает передачу с передаточным отношением  $u = \varphi^m$ , где  $m$  — число интервалов, равных  $\varphi$  и перекрываемых этим лучом. Если луч отклоняется вниз, то передача понижающая ( $m < 0$ ), если вверх, то передача повышающая ( $m > 0$ ). Если луч горизонтальный, то передаточное отношение равно единице ( $m = 0$ ).

## 2.6. Токарно-винторезный станок модели 16К20

В нашей стране и за рубежом широко применяется токарно-винторезный станок модели 16К20 производства московского станкостроительного завода «Красный пролетарий» им. А. И. Ефремова.

### Техническая характеристика

Наибольший диаметр обработки, мм:	
над станиной . . . . .	400
над поперечным суппортом . . . . .	200
Наибольший диаметр обрабатываемого прутка, мм	50
Расстояние между центрами, мм . . . . .	710, 1000, 1400, 2000
Частота вращения шпинделя, об/мин . . . . .	12,5—1600
Подача, мм/об:	
продольная . . . . .	0,05—2,8
поперечная . . . . .	0,025—1,4
Шаг нарезаемой резьбы:	
метрической, мм . . . . .	0,5—112
дюймовой (число ниток на 1") . . . . .	56—0,5
питчевой, питчей . . . . .	56—0,5
модульной (модуль, мм)	0,5—112
Мощность главного электродвигателя, кВт . . . . .	10

**Главный привод.** От электродвигателя М1 ( $N = 10$  кВт,  $n = 1460$  об/мин) вращение передается посредством клиноременной передачи валу I (передаточное отношение  $u = d_1/d_2 = 140/268$ ), который имеет

одну частоту вращения. Вал I связан с валом II двухступенчатой передачей ( $p_1=2$ ;  $u=56/34$  и  $51/39$ ). Вал II связан с валом III трехступенчатой передачей ( $p_2=3$ ;  $u=29/47$ ;  $21/55$  и  $38/38$ ). Вал III связан либо с валом IV двухступенчатой передачей ( $p_3=2$ ;  $u=45/45$  и  $15/60$ ), либо непосредственно со шпинделем двухступенчатой передачей ( $p_4=2$ ;  $u=60/48$  и  $30/60$ ), когда блок с  $z=48$  и  $60$  сдвинут влево. Вал IV связан с валом V, а вал V — со шпинделем одноступенчатыми передачами (соответственно  $u=18/72$ ,  $u=30/60$ ). Следовательно, в том случае, когда вал III связан непосредственно со шпинделем, последний имеет  $z_1=p_1 \cdot p_2 \cdot p_3=2 \cdot 3 \cdot 2=12$  ступеней частот вращения с предельными (минимальное и максимальное) значениями:  $n_{1\min}=1460 \cdot 140/268 \times 51/39 \cdot 21/55 \cdot 30/60$ ;  $n_{1\max}=1460 \cdot 140/268 \cdot 56/34 \cdot 38/38 \cdot 60/48=1600$  об/мин. Когда вал III связан с валом IV, шпиндель имеет  $z_2=p_1 \cdot p_2 \cdot p_3=2 \cdot 3 \cdot 2=12$  ступеней частоты вращения с предельными значениями:  $n_{2\min}=1460 \cdot 140/268 \cdot 51/39 \times 21/55 \cdot 15/60 \cdot 18/72 \cdot 30/60=12,5$  об/мин;  $n_{2\max}=1460 \cdot 140/268 \cdot 56/34 \cdot 38/38 \cdot 45/45 \times 18/72 \cdot 30/60$ . Таким образом, шпиндель имеет  $z=z_1+z_2=12+12=24$  ступени частоты вращения с предельными значениями  $n_{\min}=12,5$  и  $n_{\max}=1600$  об/мин.

Направление вращения шпинделя изменяется переключением муфты I. При этом вал I соединяется с зубчатым колесом ( $z=50$ ), которое находится в зацеплении с блоком зубчатых колес ( $z=24$  и  $36$ ). От блока через зубчатое колесо ( $z=38$ ) вращение передается валу II и далее шпинделю по той же кинематической цепи, что и при прямом вращении.

Вращение валу VII механизма подач передается либо от шпинделя (вал VI) зубчатыми колесами ( $u=60/60$ ), либо от вала III (при передвинутом влево блоке зубчатых колес  $z=60$  и  $45$ ) через зубчатые колеса ( $u=45/45$ ) для получения подачи или увеличенного шага резьбы. При нормальном шаге резьбы вращение передается от шпинделя к валу VII через зубчатые колеса ( $u=60/60$ ) при сдвинутом влево блоке зубчатых колес ( $z=60$  и  $45$ ).

При увеличенном шаге резьбы (в 2 или 8, или 32 раза) вращение от шпинделя к валу VII передается при сдвинутом влево блоке зубчатых колес ( $z=60$  и  $45$ ).

нумом влево блоке зубчатых колес ( $z=60$  и  $45$ ). По цепи зубчатых колес  $u=60/30 \cdot 72/18 \cdot 45/45=8$ . При сдвинутом влево блоке зубчатых колес  $z=45$  и  $60$  (на валу IV)  $u=60/30 \cdot 72/18 \cdot 60/15 \cdot 45/45=32$ .

Далее вращение с вала VII передается на вал VIII через трензель с зубчатыми колесами ( $u=30/45$  или  $u=30/25 \cdot 25/45$ ). С вала VIII вращение передается через гитару сменных зубчатых колес ( $u=a/b \cdot c/d$ ) на вал IX коробки подач. При  $u=a/b \cdot c/d=40/86 \cdot 86/64$  нарезают метрические и дюймовые резьбы, а также получают табличные значения продольных и поперечных подач суппорта, а при  $u=a/b \cdot c/d=60/73 \cdot 86/36$  нарезают модульные и питчевые резьбы.

При нарезании метрических и дюймовых резьб, а также при продольном и поперечном точении вращение в коробке подач передается следующим образом: от вала IX валу X ( $u=28/28$ ); от вала X валу XI через блоки зубчатых колес  $z=28$  и  $35$  и  $z=25$  и  $30$  ( $u=28/28$  или  $u=28/35 \cdot 30/25 \cdot 42/30$ ); от вала XI валу XII через муфту 16; от вала XII валу XIII через блок зубчатых колес  $z=45$  и  $35$  ( $u=18/45$  или  $28/35$ ); от вала XIII к валу XIV через блок зубчатых колес  $z=28$  и  $48$  ( $u=35/28$  или  $15/48$ ); от вала XIV ходовому винту XVII через муфту 15 (рис. 2.16).

Нарезание метрических и дюймовых резьб с минимальным шагом  $P_{\min}$  может быть выполнено настройкой станка по следующему уравнению кинематического баланса:  $P_{\min}=1 \cdot 60/60 \cdot 30/45 \cdot 40/86 \cdot 86/64 \cdot 28/28 \cdot 28/35 \cdot 18/45 \cdot 152/48 \cdot 12=0,5$  мм.

При нарезании модульных и питчевых резьб вращение в коробке подач передается следующим образом: от вала IX валу X ( $u=28/28$ ) через блок зубчатых колес  $z=28$  и  $38$ ; от вала X валу XI через блок зубчатых колес  $z=34$  и  $16$  ( $u=38/34$ ); от вала XI валу X через блоки зубчатых колес  $z=28$  и  $35$  или  $z=25$  и  $30$  ( $u=28/48$  или  $u=35/28 \cdot 25/30 \cdot 30/42$ ); от вала X валу XII через зубчатые колеса ( $u=30/33$ ); от вала XII ходовому винту через зубчатые колеса ( $u=18/45$  или  $28/35$  или  $u=35/28 \cdot 15/48$ ) и муфту 15.

Нарезание модульных и питчевых резьб с минимальным шагом  $P_{\min}$  может быть вы-

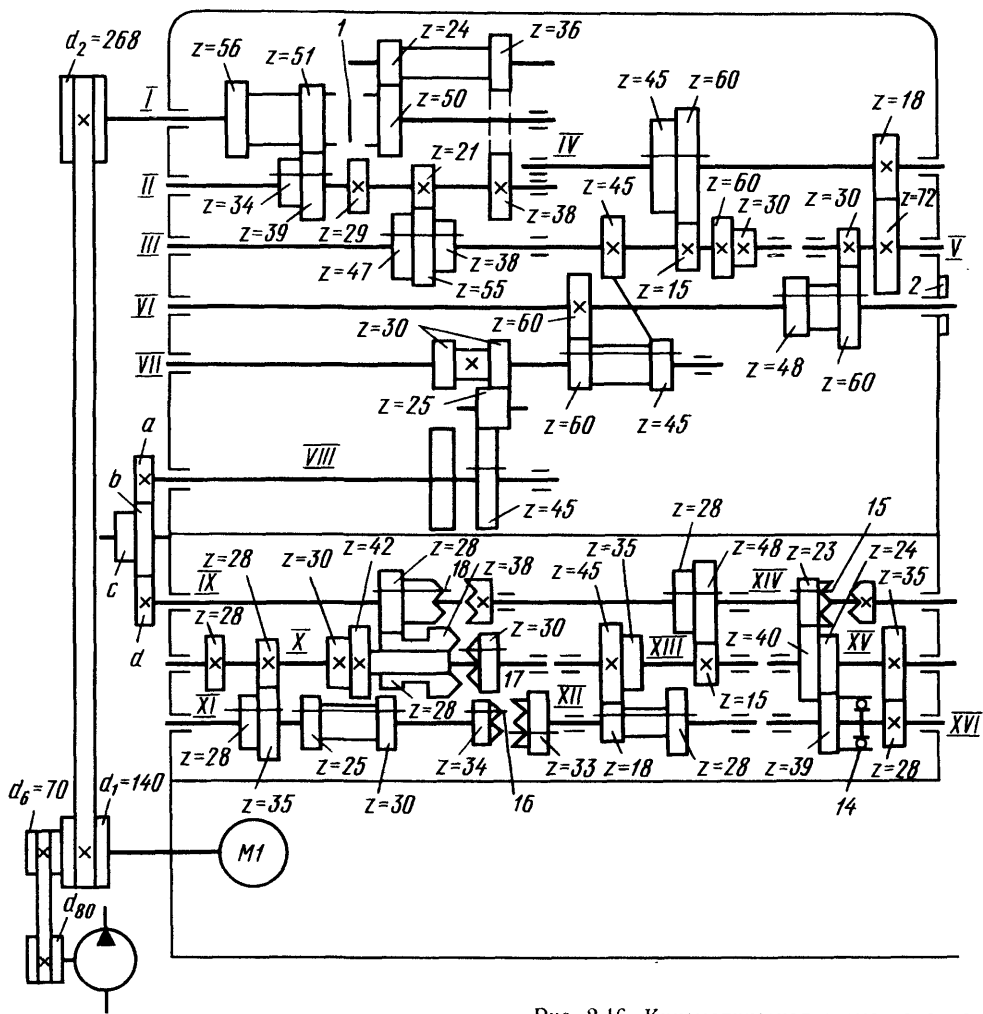


Рис 2.16. Кинематическая схема токарно

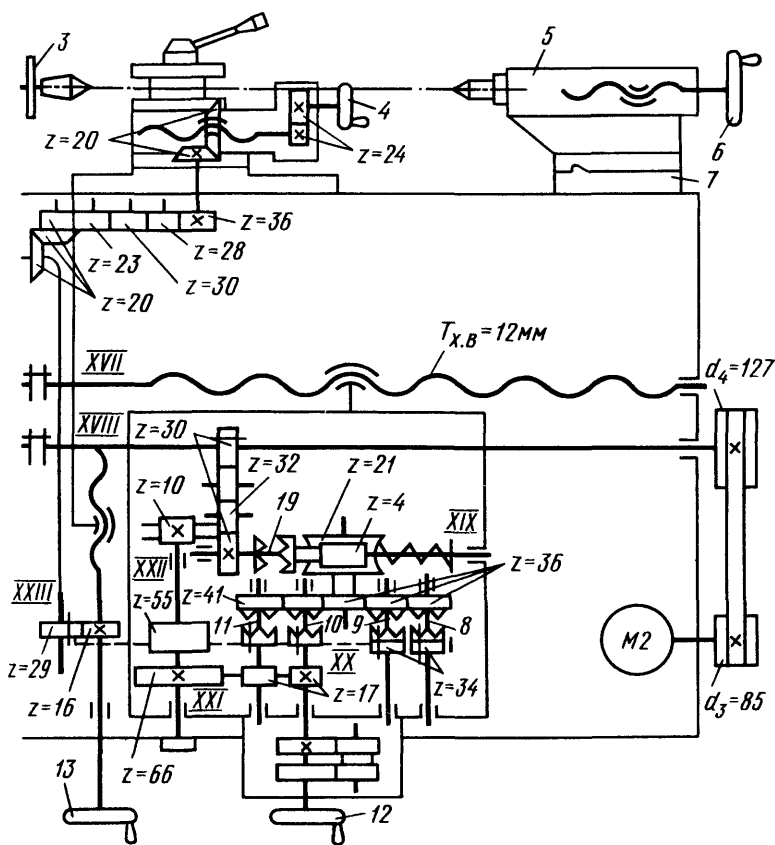
полнено настройкой станка по следующему уравнению кинематического баланса:  $P_{\text{мин}} = 1 \cdot 60/60 \cdot 30/30 \cdot 45 \cdot 60/73 \cdot 86/36 \cdot 28/28 \cdot 38/34 \cdot 30/42 \cdot 30/33 \cdot 18/45 \cdot 15/48 \cdot 12 = 1,4$  мм.

Резьбы повышенной точности нарезают по короткой кинематической цепи, исключая погрешности, вносимые зубчатыми передачами коробки подач. В этом случае вращение от гитары сменных зубчатых колес передается валу IX, который через зубчатую муфту 18 соединяется с валом XIV, а вал XIV через зубчатую муфту 15 соединяется с ходовым винтом. Шаг нарезаемой резьбы  $P = 1 \cdot 60/60 \cdot 30/45 \cdot a/b \cdot c/d$ , откуда  $d/b \cdot c/d = P/8$ .

При продольном и поперечном точении

движение от коробки подач передается ходовому валу XVIII. Для этого вращение передается от вала XIV по цепи  $u = 23/40 \cdot 24/39$  валу XVI; при этом разрывается цепь между валом XIV и ходовым винтом посредством муфты 15; вал XVI соединяется с валом XV по цепи  $u = 28/35$ . От ходового вала через зубчатые передачи фартука вращение передается реечному зубчатому колесу  $z = 10$ , расположенному на валу XXI (для продольной подачи), или винту XXII (для поперечной подачи).

Вращение от ходового вала к реечному зубчатому колесу  $z = 10$  передается по цепи — ходовой вал, зубчатая передача ( $u = 30/32 \cdot 32/32 \cdot 32/30$ ); вал XIX, предо-



винторезного станка модели 16K20

ранительная муфта 19, червячная передача ( $u = 4/21$ ), зубчатая передача ( $u = 36/41$ ); кулачковая муфта 10 (или заблокированная с ней муфта 11 для изменения направления продольной подачи), зубчатая передача ( $u = 17/66$ ), вал XXI с зубчатым колесом  $z = 10$ .

Вращение от ходового вала винту XXII передается по цепи — ходовой вал, передача ( $u = 36/36$ ), кулачковая муфта 8 (или муфта 9 для реверса подачи), передача ( $u = 34/55 \cdot 55/29 \cdot 29/16$ ), винт XXII.

На станке может быть установлен механизм автоматической подачи верхних салазок с резцедержателем. Для этого вращение от вала XXIII по цепи зубчатых колес ( $u = 20/20 \cdot 20/23 \cdot 23/30 \cdot 30/28 \cdot 28/36 \cdot 20/$

$/20$ ) передается ходовому винту с зубчатым колесом  $z = 24$ .

Ускоренные продольные и поперечные перемещения (соответственно 4 и 2 м/мин) передаются суппорту через соединенную с ходовым валом XVIII клиноремennую передачу ( $u = d_3/d_4 = 85/127$ ) от электродвигателя M2 ( $N = 0,75$  кВт,  $n = 1450$  об/мин). Для предотвращения поломок при включении ускоренных перемещений на валу XVI коробки подач предусмотрена обгонная муфта 14.

Для ручного перемещения суппорта в продольном и поперечном направлениях предусмотрены рукоятки 12 и 13. Рукоятка 4 служит для ручного перемещения верхних салазок с резцовой головкой.

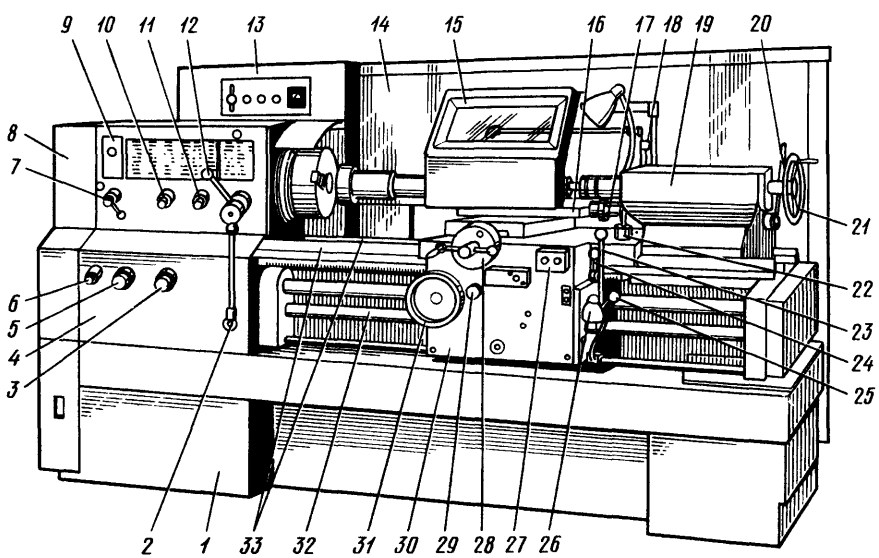


Рис. 2.17. Общий вид и размещение органов управления токарно-винторезного станка модели 16К20:

1 — станина, рукоятки: 2 — заблокированная управления, 3, 5, 6 — установка подачи или шага нарезаемой резьбы, 7, 12 — управления частотой вращения шпинделя, 10 — установки нормального и увеличенного шага резьбы и для нарезания многозаходных резьб, 11 — изменения направления нарезания резьбы (лево- или правозаходной), 17 — перемещения верхних салазок, 18 — фиксации пиноли, 20 — фиксации задней бабки, 23 — включения ускоренных перемещений суппорта, 24 — включения и выключения гайки ходового винта, 25 — управления изменением направления вращения шпинделя и его остановой, 26 — включения и выключения подачи, 28 — поперечного перемещения салазок, 29 — включения продольной автоматической подачи, 31 — продольного перемещения салазок, 4 — коробка подач, 8 — кожух ременной передачи главного привода, 9 — передняя бабка с главным приводом, 13 — электрошкаф, 14 — экран, 15 — защитный щиток, 16 — верхние салазки, 19 — задняя бабка, 21 — штурвал перемещения пиноли, 22 — суппорт продольного перемещения, 27 — кнопка включения и выключения главного электродвигателя, 30 — фартук, 32 — ходовой винт, 33 — направляющие станины

а штурвал 6 — для перемещения пиноли задней бабки 5.

**Основные правила технического обслуживания станка.** Для сохранения в течение длительного времени первоначальной точности станка, предотвращения преждевременного изнашивания его частей (рис. 2.17) необходимо соблюдать правила технического обслуживания, изложенные в руководстве по эксплуатации станка.

Токарь должен следить за исправностью станка, инструмента и приспособлений, поддерживать порядок и чистоту на рабочем месте. Беспорядок на рабочем месте не только снижает производительность труда, но и нередко является причиной несчастных случаев.

Смазывание токарно-винторезного станка модели 16К20 производится от шестеренного насоса 5 (рис. 2.18), которым масло из бака через фильтр 7 по

маслопроводу подается к подшипникам шпинделя и маслораспределителям, установленным в шпиндельной бабке и в коробке подач. Отработанное масло отводит из мест смазывания продукты износа, которые оседают на фильтре 7 с магнитным улавливателем, и сливается в бак. Поступление масла в коробку скоростей контролируют через указатель 1 по вращению крыльчатки.

Отработанное масло из бака сливается через отверстие 4. Свежее масло заливают через отверстие 6, его уровень контролируют по указателю 1.

Детали фартука смазывают от плунжерного насоса 5, установленного на одном из валов механизма фартука. Затем масло поступает в маслораспределитель и направляется к трущимся поверхностям деталей фартука и сливается в маслосборник. Уровень масла контролируют по указателю 1.

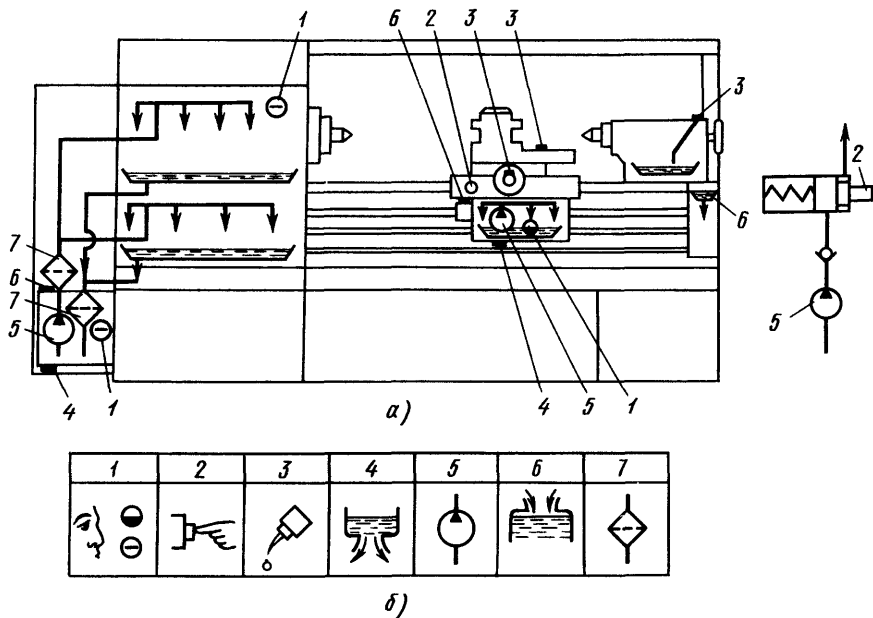


Рис. 2.18. Система смазывания токарно-винторезного станка модели 16К20:

*а* — схема, *б* — условные обозначения: маслоуказателя 1, кнопки 2 плунжера смазки направляющих каретки, суппорта и опор ходового винта, точек 3 для смазывания вручную, слива 4 масла, насоса 5, отверстия 6 для заливки, фильтра 7

Направляющие для продольного и поперечного перемещения суппорта и опор ходового винта в фартуке смазываются при нажатии кнопки 2 до появления смазки на направляющих.

Смазывание направляющих задней бабки, опор ходового винта и ходового валика производят из масленок 3 и 6 фитильной смазкой.

Гитару зубчатых колес смазывают вручную консистентными маслами; продольные направляющие станины, ходовой винт, ходовой валик, поперечный винт суппорта и ось резцедержателя смазывают вручную и с помощью масленки. Выбор смазочного материала и периодичность смазывания производят в соответствии с указаниями, приведенными в руководстве по эксплуатации станка.

**Перед началом работы:**

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

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

проверить устойчивость и размеры решетки под ногами, чтобы не оступиться во время работы;

залить масло во все масленки, где предусмотрена ручная смазка, смазать ходовой винт и ходовой валик;

проверить уровень масла по контрольным глазкам в коробке скоростей (подач, фартуке), резервуаре для масла и при недостатке долить масло;

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

о замеченных неисправностях необходимо обязательно сообщить мастеру. К работе можно приступить только после устранения обнаруженных неисправностей.

**Во время работы:**

использовать защитные приспособления — очки, экраны, защитные щитки;

удалять стружку с детали, станка и суппортов крючком или щеткой, а также снимать или устанавливать детали в патроне, измерять их и заменять инструмент разрешается на остановленном станке;

нельзя останавливать патрон руками; перед остановкой станка выключить сначала подачу, а затем отвести резец из зоны резания;

внимательно следить за работой станка;

охранять направляющие станины и суппорта от повреждений;

не класть детали, инструмент и другие предметы на станок;

не переключать коробку скоростей и коробку подач на ходу;

переключать станок на обратный ход только после его остановки;

включать механическую подачу только после подвода резца к детали;

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

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

не применять в работе неисправных инструментов, приспособлений и случайных предметов;

обязательно отключать станок на время прекращения работы;

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

**После окончания работы:**

отключить станок от электросети;

очистить станок от стружки, пыли и др.;

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

смазать маслом рабочие поверхности станка для защиты их от коррозии;

в соответствии с требованиями паспорта станка произвести замену жидкой смазки и заполнить масленки консистентной смазкой, а также выполнить проверку работы станка;

о замеченных неисправностях в работе станка следует сообщить мастеру;

восстановительные и регулировочные работы необходимо проводить только после разрешения мастера, соблюдая правила безопасности и требования паспорта станка.

### Контрольные вопросы

1. Назовите основные типы токарных станков и дайте их классификацию.

2. Изложите назначение и принципы работы основных сборочных единиц (узлов) и механизмов токарного станка.

3. Для чего предназначены кинематические схемы и как определяется частота вращения в зависимости от числа ступеней коробки скоростей?

4. Назовите типы смазки для токарного станка и их назначение

5. Как передается вращение к основным рабочим органам токарно-винторезного станка модели 16К20?

6. Перечислите, что нужно делать при подготовке к работе на станке во время работы и после окончания работы на станке

## 3. Приспособления

### 3.1. Классификация приспособлений

**Назначение приспособлений.** Приспособления предназначены для расширения технологических возможностей станков, повышения их производительности и точности при обработке заготовок и облегчения условий работы на станке. По назначению приспособления для токарных станков можно разделить на три группы:

для закрепления обрабатываемых заготовок;

для закрепления режущего инструмента (вспомогательный инструмент);

специальные приспособления, расширяющие технологические возможности станков, т. е. позволяющие производить не свойственные им работы (фрезерование, сверление нескольких отверстий и т. д.).

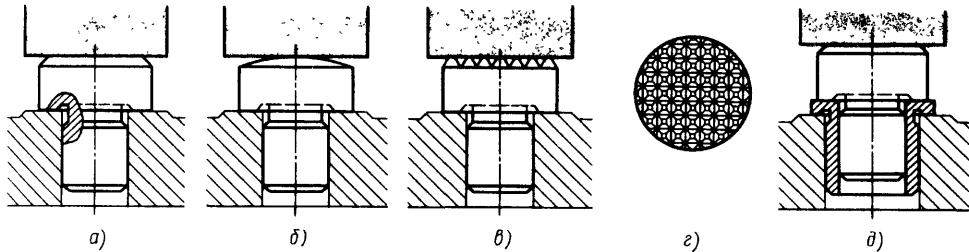


Рис. 3.1. Опорные штыри и пластины с опорной поверхностью:

*a* — плоской, *б* — сферической, *в, г* — рифленой, *д* — сменные

Приспособления для закрепления режущего инструмента и заготовок должны обеспечивать быструю установку, надежность и правильность закрепления. Эти устройства должны быть удобны и безопасны в работе.

Приспособления, вспомогательный и режущий инструменты составляют технологическую оснастку станка.

**Основные конструктивные элементы приспособлений.** Деталь, закрепленная в приспособлении, должна быть лишена подвижности от начала до конца обработки. Требуемое неподвижное положение обеспечивается установочными и зажимными элементами, между которыми деталь устанавливается и закрепляется. Установочные элементы называют **опорами**, которые делят на основные и вспомогательные.

Основными называют неподвижные опоры (постоянные, регулируемые и плавающие), координирующие обрабатываемую деталь в приспособлении в трех взаимно перпендикулярных плоскостях.

В качестве постоянных опор при установке заготовок применяют опорные штыри (рис. 3.1, *a—d*). Регулируемые и плавающие опоры используют при установке заготовок на необработанные или грубообработанные поверхности, чтобы уменьшить деформацию нежестких заготовок (рис. 3.2).

Когда деталь устанавливают в приспособлении по необработанным и неточным поверхностям и если она может принять неправильное или неустойчивое положение, в местах приложения сил резания и сил зажима применяют вспомогательные (подвижные) опоры, которые подводят к детали после того, как деталь займет

определенное положение на основных опорах. Число вспомогательных опор определяется конфигурацией и жесткостью обрабатываемой детали, направлением приложения сил резания и зажима

**Зажимные устройства**, закрепляя заготовку в приспособлении, обеспечивают прилегание ее базовых поверхностей к основным и вспомогательным опорам приспособления с силой, способной противодействовать силам резания.

Заготовки с наружной цилиндрической поверхностью могут закрепляться в призмах, втулках и кольцах, а с внутренней цилиндрической поверхностью — на оправках и установочных пальцах. Наиболее часто применяют в приспособлениях винтовые зажимные устройства, которые отличаются простотой конструкции, надежностью, универсальностью и самоторможением.

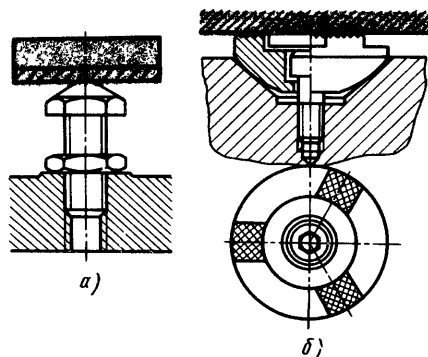


Рис. 3.2. Регулируемая (*a*) и плавающая (*б*) опоры



### 3.2. Кулачковые патроны

На токарных станках применяют двух-, трех- и четырехкулачковые патроны. В двухкулачковых самоцентрирующих патронах закрепляют различные фасонные отливки и поковки, причем кулачки таких патронов часто предназначены для закрепления только одной детали. В трехкулачковых самоцентрирующих патронах закрепляют детали круглой и шестигранной формы или круглые прутки большего диаметра. В четырехкулачковых самоцентрирующих патронах закрепляются прутки квадратного сечения, а в патронах с индивидуальной регулировкой кулачков — детали прямоугольной или несимметричной формы. Кулачковые патроны выполняются с ручным и механизированным приводом зажимов.

Наиболее распространен самоцентрирующий трехкулачковый патрон (рис. 3.3, а, б). Кулачки 1, 2, 3 перемещаются одновременно по спирали на диске 4, в витки которой заходят кулачки нижними выступами. На обратной стороне диска нарезано коническое колесо, сопряженное с тремя коническими зубчатыми колесами 5. При повороте ключом одного из колес 5 поворачивается диск 4, который с помощью спирали перемещает одновременно и равномерно все три кулачка по пазам корпуса 6 патрона. В зависимости от направления вращения колес 5 кулачки приближаются или удаляются от центра, соответственно зажимая или освобождая деталь. Кулачки изготовляют обычно трехступенчатыми, для повышения износостойкости их закаливают. Различают кулачки для закрепления заготовок по внутренней и наружной поверхностям. При закреплении заготовки по

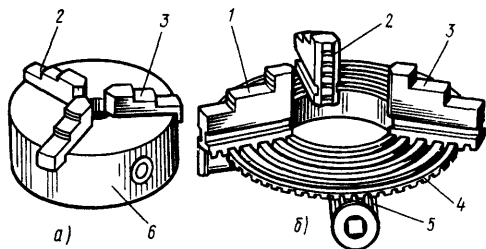


Рис. 3.3. Трехкулачковый самоцентрирующийся патрон

внутренней поверхности заготовка должна иметь отверстие, в котором могут разместиться кулачки.

Кулачковые патроны с механизированным приводом зажимов могут оснащаться тяговым или встроенным приводом. Патроны с тяговым приводом имеют зажимные элементы, связанные тягами с пневматическим, гидравлическим или каким-либо другим приводом. На рис. 3.4 представлена конструкция двухкулачкового рычажного патрона со сменными кулачками 14, предварительная установка которых по детали (относительно оси вращения) осуществляется сухарями 12 и винтами 13 по пазам в ползунах 11. Ползуны 11 перемещаются в центре патрона рычагами 10, которые, опираясь поверхностями 7 в ползуны, поворачиваются вокруг оси 9 в корпусе 8 при перемещении упора 15 вместе с тягой 3. Разведение кулачков 14 производится конической поверхностью упора 15 при обратном движении тяги 3 вместе с направляющей втулкой 6, соединенных деталями 2, 4 и 5. Патрон крепится к станку винтами 1.

Патрон с встроенным пневматическим приводом (рис. 3.5) имеет встроенный пневмоцилиндр 6 с поршнем 5 и крепится к станку фланцем 1. Резиновое кольцо 11 смягчает удары поршня о фланец 4. Уплотнительные кольца 10 и 12 обеспечивают герметичность. Ползуны 7 с зажимными кулачками 8 имеют выступы 9, которые входят в пазы поршня 5. Угол наклона пазов составляет  $40^{\circ} 30'$ , что обеспечивает условия самоторможения. При подаче воздуха по каналам 2 и 3 в левую или правую полость цилиндра ползуны 7 перемещаются и производят разжим или зажим заготовки.

Четырехкулачковый патрон с независимым перемещением кулачков применяют преимущественно для закрепления и обработки деталей некруглой и несимметричной формы. Четырехкулачковый патрон с независимым перемещением кулачков (рис. 3.6) состоит из корпуса 1, в котором выполнены четыре паза, в каждом пазу смонтирован кулачок 4 с винтом 3 для независимого перемещения кулачков по пазам в радиальном направлении. От осевого смещения

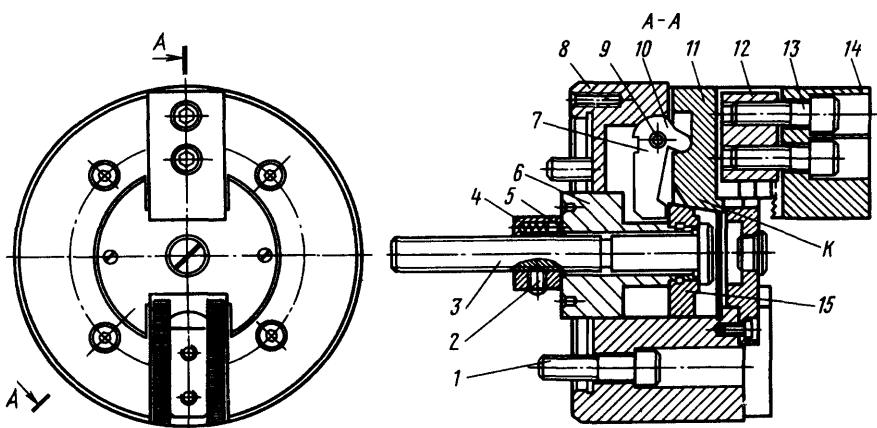


Рис. 3.4. Двухкулачковый рычажный патрон со сменными кулачками

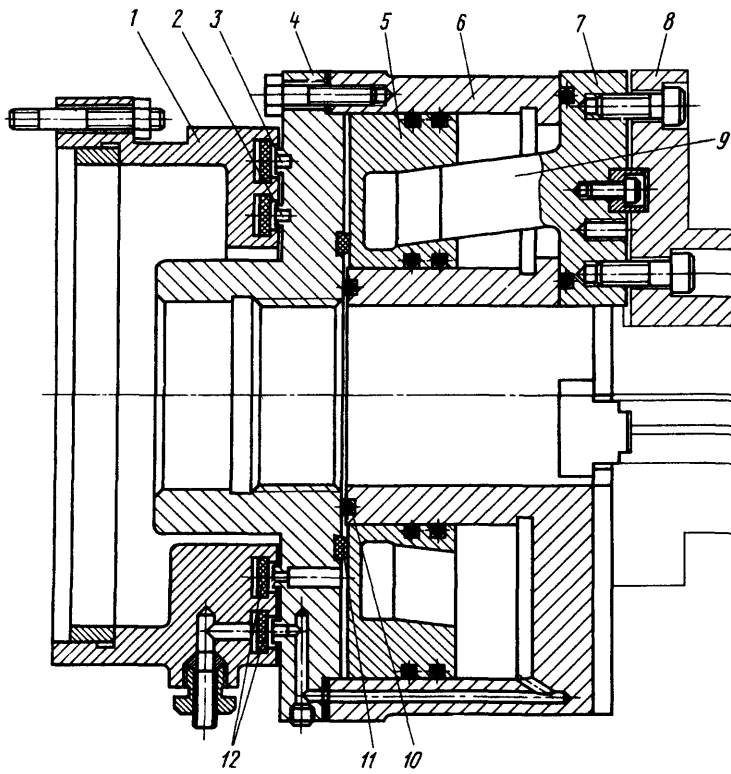


Рис. 3.5. Патрон с встроенным пневматическим приводом

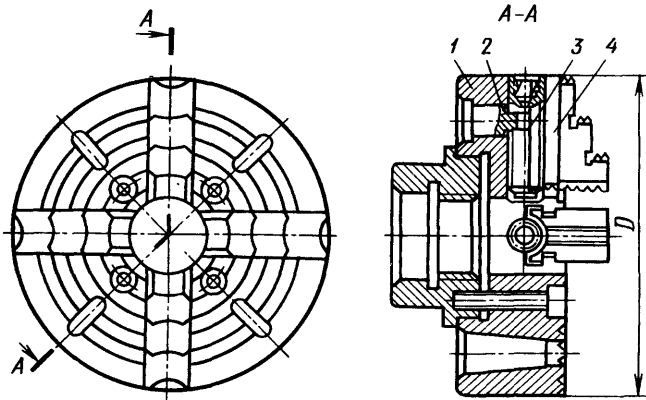


Рис. 3.6. Четырехкулачковый патрон с независимым перемещением кулачков

винт 3 удерживается сухарем 2. Кулачки могут быть повернуты на  $180^\circ$  для закрепления заготовок деталей по внутренней или наружной поверхности. На передней поверхности патрона нанесены концентрические риски (расстояние между ними 10—15 мм), которые позволяют выставить кулачки на одинаковом расстоянии от центра патрона.

### 3.3. Центры. Хомутики

**Центры.** В зависимости от формы и размеров обрабатываемых деталей применяют центры различных типов (рис. 3.7, а—е). Угол при вершине рабочей части центра (рис. 3.7, а) обычно равен  $60^\circ$ . Конические поверхности рабочей и хвостовой части центра не должны иметь забоин, так как это приводит к погрешностям при обработке деталей. Диаметр опорной части 3 меньше меньшего диаметра хвостовой части конуса. Это позволяет выбирать центр из гнезда без повреждения конической поверхности хвостовой части.

Центр, показанный на рис. 3.7, б, служит для установки заготовок диаметром до 4 мм. У таких заготовок вместо центровых отверстий имеются наружные конические поверхности с углом при вершине  $60^\circ$ , который входит во внутренний конус центра, названный обратным. Если необходимо подрезать торец заготовки, применяют срезанный центр (рис. 3.7, в), который устанавливают только в пиноль задней бабки.

Центр со сферической рабочей частью (рис. 3.7, г) применяют в тех случаях, когда требуется обработать заготовку, ось которой не совпадает с осью вращения шпинделя станка.

Центр с рифленой рабочей поверхностью рабочей части (рис. 3.7, д) используют при обработке заготовок с большим центровым отверстием без поводкового патрона.

В процессе обработки детали в центрах передний центр вращается вместе с ней и служит только опорой, а задний центр при этом неподвижен. Вследствие нагрева при вращении он теряет твердость и интенсивно изнашивается. Поэтому задний центр изготавливают из углеродистой стали с твердосплавной рабочей частью (рис. 3.7, з). При обработке с большими скоростями и нагрузками применяют задние вращающиеся центры (рис. 3.8). В хвостовой части 4 центра на опорах качения 2, 3, 5 вращается ось, на конце которой выполнена рабочая часть 1 центра.

**Хомутики.** Они предназначены для передачи вращения обрабатываемой детали, установленной в центрах станка. Хомутик надевают на обрабатываемую деталь и закрепляют винтом 1. Хвостовиком 2 хомутик упирается в палец поводкового патрона (рис. 3.9, а).

Более удобны в работе самозатягивающиеся хомутики. В таком хомутике хвостовик 2 закреплен в корпусе 5 подвижно на оси 4. Нижняя часть хвостовика 2, обращенная к детали, выполнена экс-

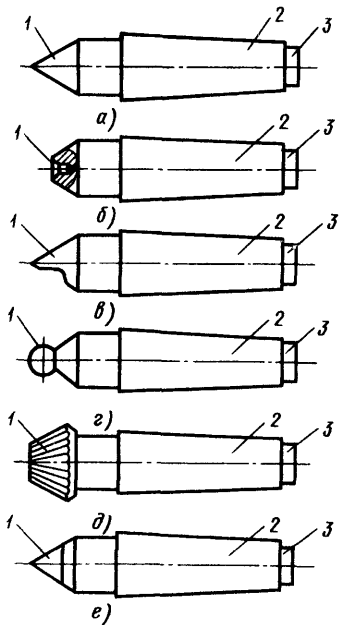


Рис. 3.7. Типы (а—е) центров:  
1 — рабочая часть, 2 — хвостовая часть, 3 — опорная часть

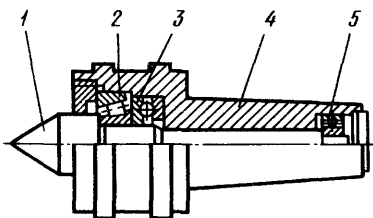


Рис. 3.8. Вращающийся центр

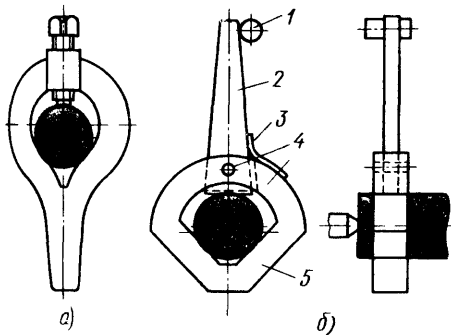


Рис. 3.9. Токарные хомутики:  
а — обычный, б — самозатягивающийся

центрично по отношению к оси 4 и имеет насечку (рис. 3.9, б). Для установки хомутика на деталь хвостовик 2 наклоняют в сторону пружины 3, которая создает предварительную затяжку детали хвостовиком. Окончательную затяжку в процессе обработки обеспечивает палец-поводок 1 патрона.

### 3.4. Поводковые, цанговые и мембранные патроны

**Поводковые патроны.** Их применяют при обработке деталей в центрах 4 и 6 станка. Передача вращения осуществляется поводковым патроном 1 через палец-поводок 2 хвостовику 3 хомутика, который крепится на детали 5 винтом (рис. 3.10).

**Цанговые патроны.** Их применяют главным образом для закрепления материала в виде прутков или для повторного зажима заготовок деталей по предварительной поверхности. По конструкции различают цанговые патроны с втягиваемой выдвижной и неподвижной (рис. 3.11, а—в) цангами. По назначению цанги делят на подающие и зажимные.

**Подающая цанга** (рис. 3.12, а) представляет собой стальную закаленную втулку, имеющую три неполных разреза, образующих пружинящие лепестки, концы которых поджаты друг к другу. Форма и размеры отверстия подающей цанги должны соответствовать профилю прутка. Подающая цанга навинчивается на подающую трубу, которая получает осевое перемещение для подачи расположенного в ней прутка от привода. При загрузке станка пруток проталкивается между лепестками подающей цанги и раздвигает их. Лепестки прижимаются силой своей упругости к поверхности прутка. При пе-

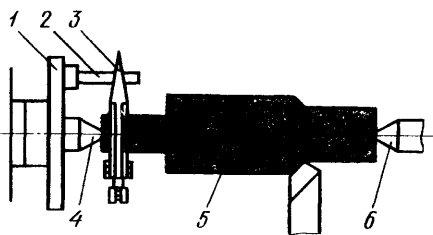


Рис. 3.10. Обработка заготовки в центрах с приводом от поводкового патрона

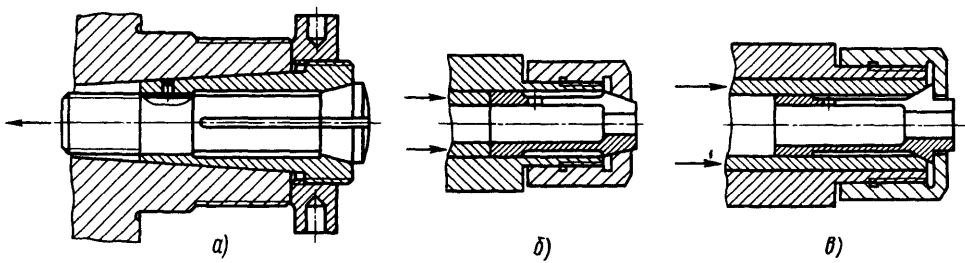


Рис. 3.11. Устройство цанговых патронов

ремешении подающей трубы лепестки подающей цанги под действием сил трения сжимаются и увеличивают силу сцепления при подаче прутка.

Зажимная цельная цанга может быть выполнена в виде втулки с 3—6 пружинящими лепестками (рис. 3.12, а). Цанга с тремя лепестками применяется при обработке заготовок до 3 мм, с четырьмя — до 80 мм и с шестью — свыше 80 мм. Угол при вершине конуса цанги обычно 30°.

На рис. 3.12, б показана зажимная цанга со сменными вкладышами. Перед обработкой прутка другого сечения ослабляют винты 3, устанавливают вкладыши 1 нужного профиля и размера, ориентируя их по штифтам 2.

Для обработки заготовок малого диаметра применяют зажимные разъемные цанги (рис. 3.12, г), у которых разведение кулачков обеспечивается пружинами. В некоторых случаях применяют разъемные цанги со сменными вкладышами (рис. 3.12, д), форма и размеры которых

зависят от обрабатываемого прутка (рис. 3.12, е).

**Мембранные патроны.** Их применяют, если необходимо произвести обработку партии деталей с более высокой точностью центрирования.

В мембранном патроне рожкового типа (рис. 3.13, а, б) обрабатываемую заготовку 1 устанавливают между торцами винтов 4, которые через рожки 3 связаны с мембраной 2. При прогибе мембраны в сторону заготовки 1 концы рожков 3 с винтами 4 расходятся и освобождают заготовку, а при снятии нагрузки с мембраны закрепляют ее. Настройка патрона на размер заготовки и усиление зажима регулируется перемещением винта 4.

Мембранные патроны чашечного типа позволяют закреплять заготовку за внутреннюю (рис. 3.13, в) и за наружную (рис. 3.13, г) поверхности. Закрепление заготовки в обоих случаях производится с помощью мембраны 1 при затяжке винта 2.

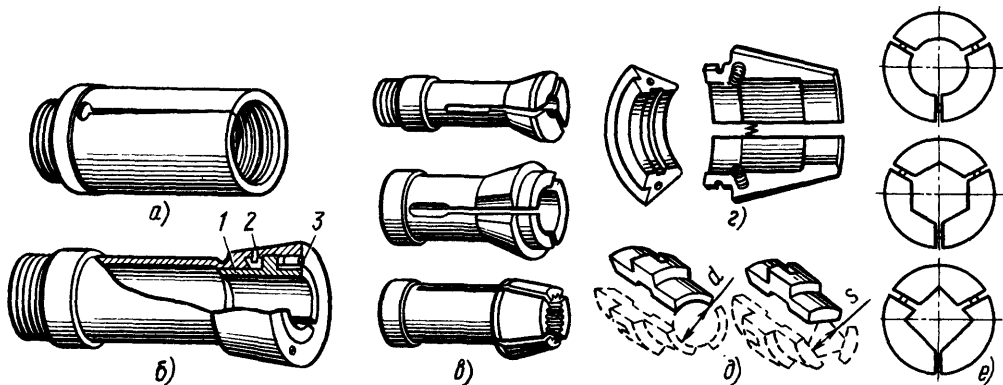


Рис. 3.12. Основные типы цанг для токарных станков:

а — подающая, б — зажим со сменными вкладышами, в — зажимная цельная, г — зажимная разъемная, д — сменные вкладыши цанг, е — формы отверстий подающих и зажимных цанг

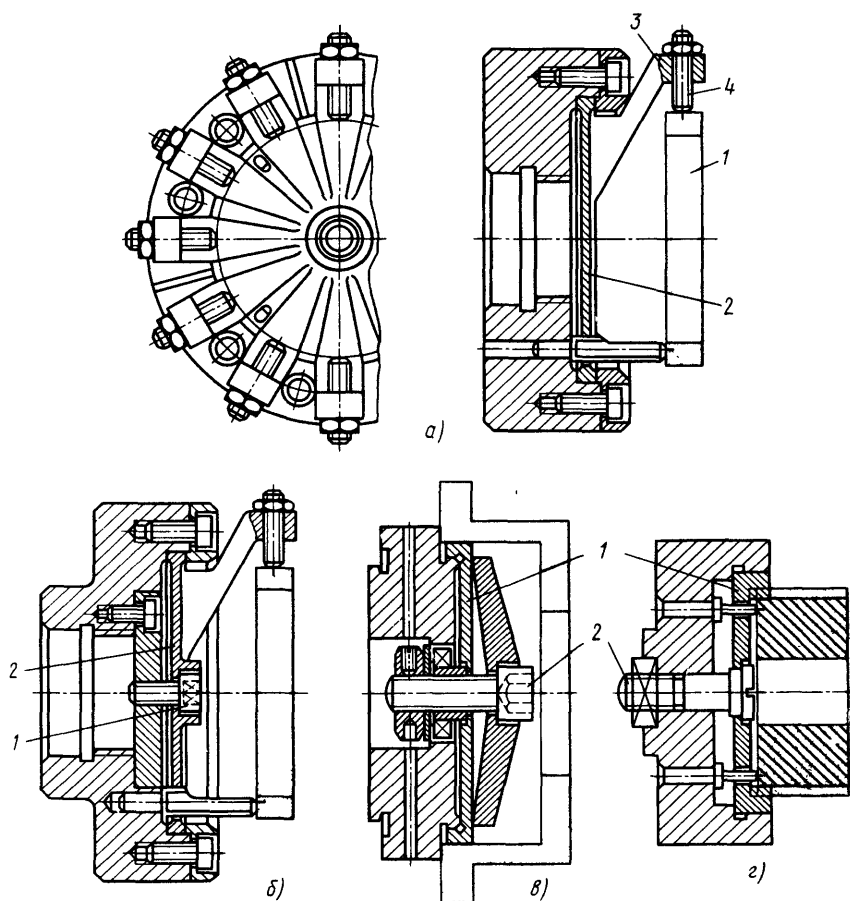


Рис. 3.13. Мембранные патроны рожкового типа (а и б) и чашечного (в и г) типа

### 3.5. Способы закрепления заготовок на станке

Способ установки и закрепления заготовок на станке выбирают в зависимости от размеров, жесткости и требуемой точности обработки. Заготовки при  $l/D < 4$  (где  $l$  — длина обрабатываемой детали,  $D$  — ее диаметр) закрепляют в патроне, при  $4 < l/D < 10$  — в центрах или в патроне с поджимом задним центром, при  $l/D > 10$  в центрах станка или в патроне и центре задней бабки с поддержкой люнетом.

Заготовку на токарном станке обрабатывают в центрах, если необходимо обеспечить concentricity обрабатываемых поверхностей при переустановке заготовки для последующей обработки в центрах на шлифовальном станке.

Заготовки закрепляют в центрах с применением токарных оправок 2 (рис. 3.14), которые устанавливают в предварительно обработанное отверстие заготовки. На среднюю часть оправки 2 (рис. 3.14, а), выполненную с малой конусностью (обычно 1:2000) и предварительно смазанную, устанавливают с натягом заготовку 1. Для создания натяга наносят легкие удары по торцу оправки молотком с медным наконечником или деревянной киянкой с тем, чтобы не повредить торцы оправки и центровые отверстия. Лыска 3 оправки служит опорой для болта, которым закрепляют хомутик. При базировании по этому способу положение всех обрабатываемых заготовок 4 вдоль оси оправки 1 не одинаково и зависит от отклонений размеров отверстия.

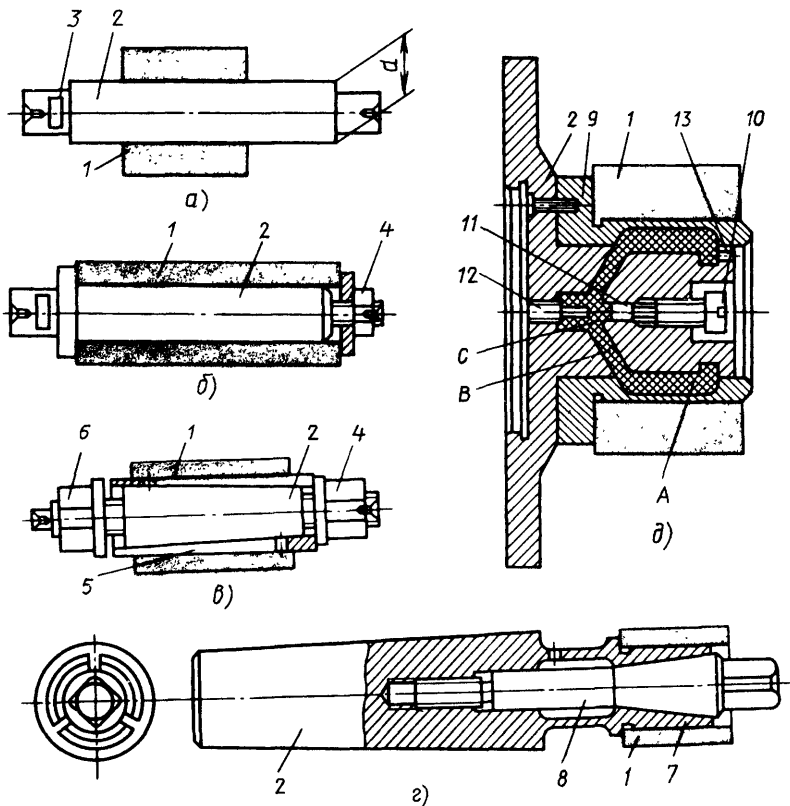


Рис 3.14 Токарные оправки (а, б, в, г, д)

Заготовку 1 можно закрепить на цилиндрической оправке 2 с помощью гайки 4 и быстросменной шайбы (рис. 3.14, б). Наружный диаметр гайки 4 обычно меньше посадочного диаметра оправки, что позволяет значительно сократить время на смену заготовки. При этом способе базирования точность обработки снижается, так как деталь устанавливается на оправку с зазором.

Когда отверстия заготовки имеют значительно большие отклонения диаметру, применяют разжимные (цанговые) оправки (рис. 3.14, в). Цанга 5 представляет собой втулку, внутренняя поверхность которой коническая, а наружная, предназначенная для базирования закрепляемой заготовки 1, — цилиндрическая.

Цангу 5 с заготовкой 1 перемещают и закрепляют на оправке 2 гайкой 4, а освобождают противоположной гайкой 6, предварительно ослабив гайку 4. Пружинящие свойства цанги 5 обеспечиваются

наличием продольных прорезей с обоих торцов.

Шпindelную оправку 2 (рис. 3.14, г) конусной поверхностью устанавливают в шпindel станка. Заготовку 1 устанавливают на посадочную с прорезями цилиндрическую поверхность 7. Натяг между цилиндрической частью 7 оправки 2 и обрабатываемой заготовкой 1 создают болтом 8 с конической головкой.

Для закрепления деталей могут быть применены оправки с упругой оболочкой (рис. 3.14, д). Корпус оправки 2 крепится к фланцу шпинделя станка. На корпусе закрепляется втулка 9, канавки которой вместе с канавками корпуса образуют полости A, B, C, заполняемые гидропластом. При вращении винта 10 плунжер 11 перемещается, выдавливая гидропласт из полости C в полость A. Тонкая стенка втулки 9 под давлением гидропласта деформируется, увеличивая

посадочный диаметр втулки и создавая натяг при закреплении заготовки 1. Упор 12 ограничивает перемещение плунжера 11, а пробка 13 закрывает отверстие, через которое выходит воздух при заполнении полостей оправки гидропластом.

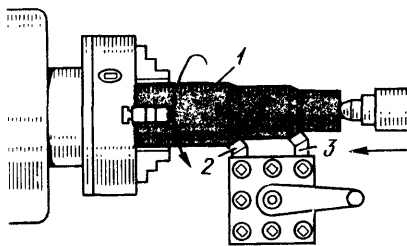


Рис 3.15. Закрепление заготовок в патроне с подвижным задним центром:

1 — заготовка, 2 и 3 — резцы

Для заготовок при длине выступающей части из кулачков патрона более 2—3 диаметров в качестве второй опоры используют задний центр (рис. 3.15). Предварительно закрепленную в патроне заготовку поджимают задним центром и окончательно зажимают кулачками патрона. Такой способ установки обеспечивает повышенную жесткость крепления заготовки и применяется преимущественно при черновой обработке.

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

Неподвижный люнет (рис. 3.16) устанавливают на направляющих станины станка и крепят планкой 5 с помощью болта и гайки 6. Верхняя часть 1 неподвижного люнета откидная, что позволяет снимать и устанавливать заготовки на кулачки или ролики 4 люнета, которые служат опорой для обрабатываемой заготовки и поджимаются к детали винтами 2, после установки заготовки винты 2 фиксируют болтами 3. На заготовке, в местах установки роликов люнета, протачивают канавку. Проточку обычно выполняют посередине заготовки.

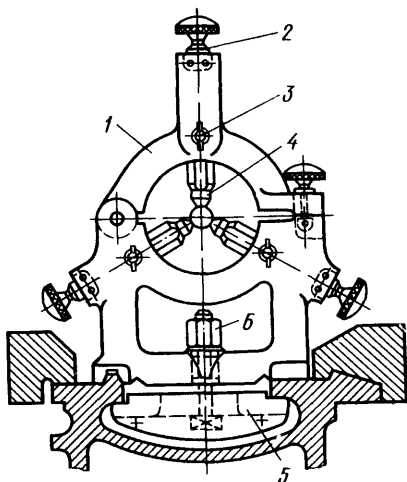


Рис. 3.16. Неподвижный люнет

Подвижный люнет (рис. 3.17) крепится на каретке суппорта и перемещается при обработке вдоль детали. Подвижный люнет имеет два кулачка, которые служат опорами для заготовки. Третьей опорой является резец.

Для обработки заготовок часто применяют планшайбы. Планшайба 2 представляет собой плоский диск, который крепится к фланцу 1, устанавливаемому на шпинделе станка (рис. 3.18, а). Рабочая поверхность планшайбы может быть выполнена с радиальными или концентрическими пазами. Обрабатываемые заготовки центрируют и закрепляют на планшайбах с помощью сменных наладок и прихватов.

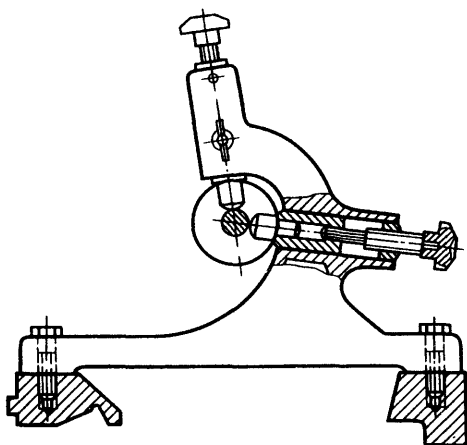


Рис. 3.17. Подвижный люнет



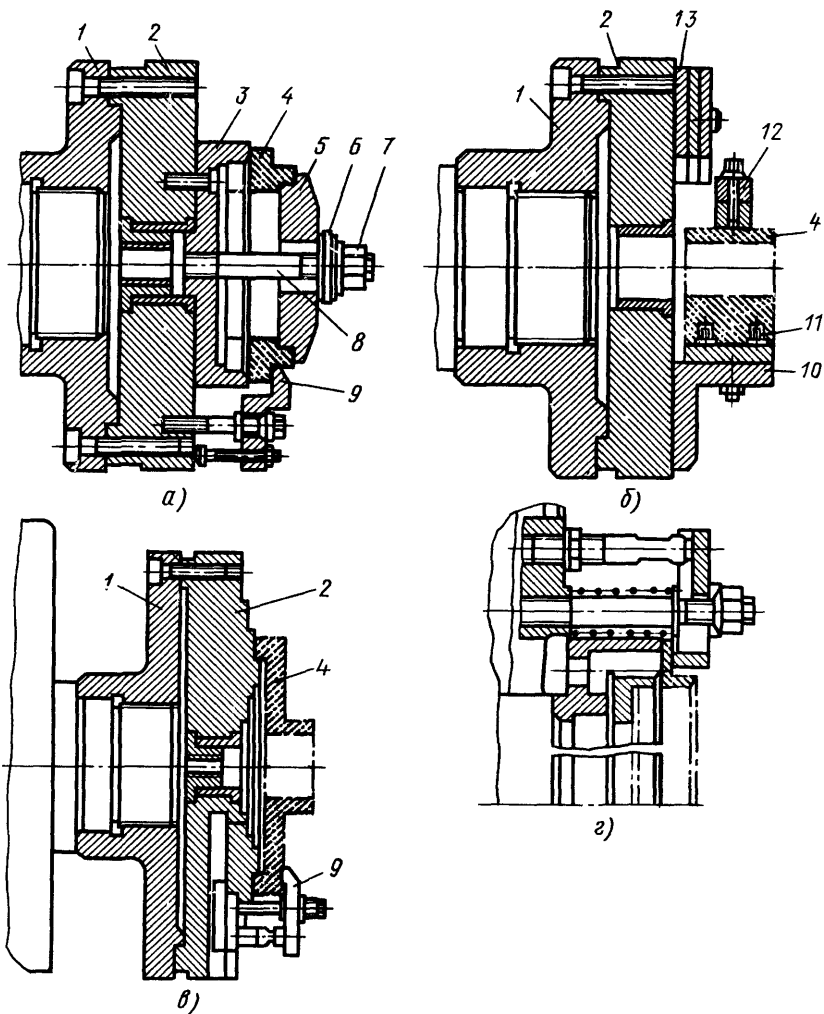


Рис. 3.18. Примеры применения планшайб

Заготовку 4 типа кольца устанавливают на опорную втулку 3 и закрепляют шайбами 5 и 6 и винтом 8 с гайкой 7 при обработке наружных поверхностей, а при обработке внутренних поверхностей — прихватами 9.

На рис. 3.18, б показано закрепление заготовки 4 типа кронштейна. Ее устанавливают на угольнике 10 по центрирующим пальцам 11 и закрепляют откидным зажимом 12. Возникающий при этом дисбаланс устраняют противовесом 13. На рис. 3.18, в, г показано закрепление заготовок 4 (типа колец, крышек, фланцев и т. п.), которые крепятся к планшайбе 2 прихватами 9.

### 3.6. Приводы приспособлений

Для облегчения ручного труда рабочих при закреплении деталей на станки устанавливают механизированные приводы: пневматические, гидравлические, электрические и магнитные.

Пневматические приводы по сравнению с приводами других типов отличаются высоким быстродействием и обеспечивают регулирование и контроль силы зажима заготовки, удобны в направлении и не требуют приложения больших физических усилий.

На рис. 3.19 показан токарный патрон с вращающимся пневмоприводом, который

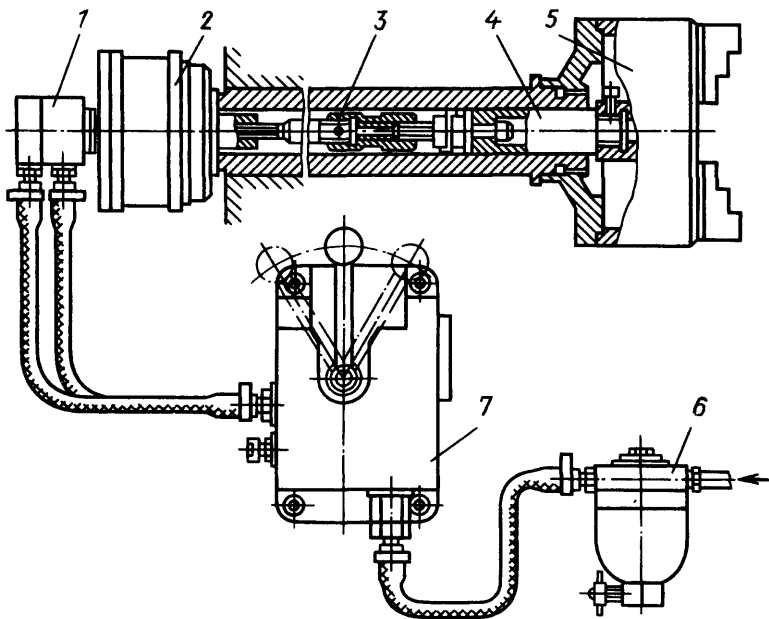


Рис. 3.19. Токарный патрон с пневмоприводом

позволяет автоматизировать закрепление заготовки. Патрон 5 связан с пневмоцилиндром 2 тягой 4 с муфтой 3, которые размещены внутри шпинделя станка. Сжатый воздух из магистрали через влагоотделитель 6 и кран управления 7 подается через неподвижную муфту 1 в переднюю или заднюю полости пневмоцилиндра 2, вращающегося вместе со шпинделем станка. Перемещение поршня со штоком и связанных с ним муфты 3 и тяги 4 приводит в действие кулачки патрона.

На рис. 3.20 показано применение пневмоцилиндра для автоматизации пиноли задней бабки токарного станка. Усилие,

необходимое для зажима детали центром, создается сжатым воздухом, который поступает в полость 3 цилиндра 4 и перемещает поршень 2 вместе с пинолью 1. Перемещение поршня 2 прекращается только после создания необходимой осевой силы для зажима обрабатываемой заготовки. После окончания обработки воздух подается в полость 5 цилиндра. Вначале перемещается влево цилиндр 4 вместе с тягой 6, поворачивающий колесо 7. При этом отводится фиксатор 8, которым стопорится пиноль в выдвинутом положении, перемещается вправо поршень 2 вместе с пинолью 1 и освобождается заготовка.

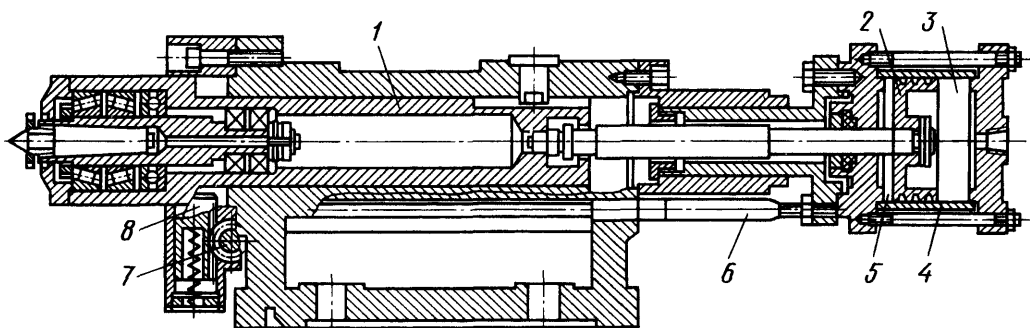


Рис. 3.20. Пиноль задней бабки токарного станка с пневмоприводом

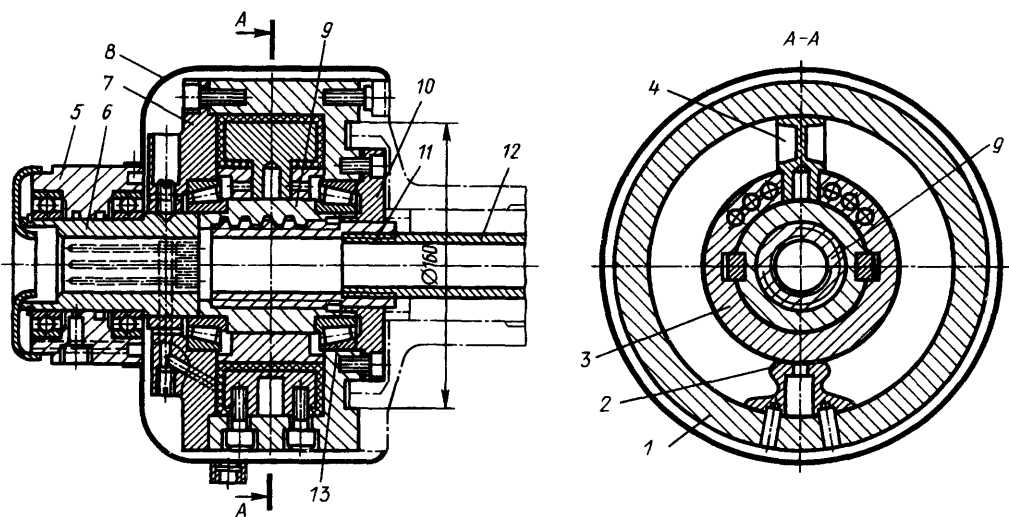


Рис. 3.21. Лопастный гидроцилиндр

Гидравлические приводы по принципу работы аналогичны пневматическим приводам, но по сравнению с ними они обладают рядом преимуществ: создают большие усилия при относительно небольших габаритных размерах гидроцилиндров, более устойчивы к изменяющейся нагрузке на деталь в процессе обработки. Однако гидроприводы более трудоемки в эксплуатации, для них необходимо иметь более герметичные уплотнения, систему сбора и отвода утечек и др.

На рис. 3.21 показан лопастный гидроцилиндр, который устанавливается на другом конце шпинделя и вращается вместе с ним. Масло подается в лопастный гидроцилиндр, закрытый кожухом 8, через неподвижную муфту 5, смонтированную на валу 6 на шарикоподшипниках, и поступает в корпус 1, приводя в движение лопасть 4 (между крышками 7 и 10 до упо-

ра 2), связанную с ротором 3. Ротор 3 жестко соединен с гайкой 9, которая вращается в корпусе на роликоподшипниках 13 и заставляет винт 11 перемещаться вдоль оси шпинделя. Винт 11 через тягу 12 сводит или разводит кулачки патрона для закрепления и освобождения обрабатываемой заготовки.

Электромеханические приводы устроены значительно проще пневмо- и гидроприводов и более удобны в эксплуатации. В состав электромеханического привода входят электродвигатель, передаточный механизм и электрическая система управления электродвигателем.

На рис. 3.22 показан токарный патрон с электромеханическим приводом. Патрон 12 соединен с электродвигателем 7 посредством червячной передачи 3 и вала 8, тяги 11, гайки 10 и муфты 4 и 9. Для зажима детали 14 в кулачках 13 патрона

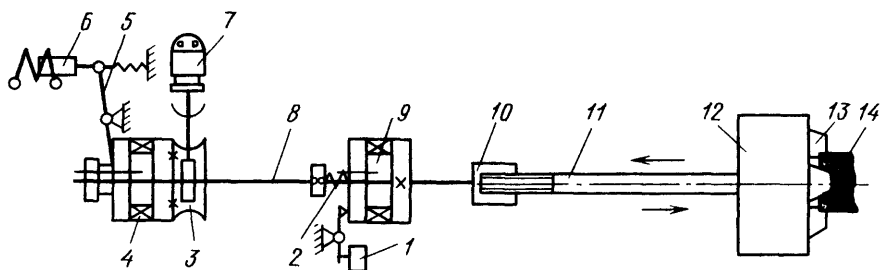


Рис. 3.22. Токарный патрон с электромеханическим приводом

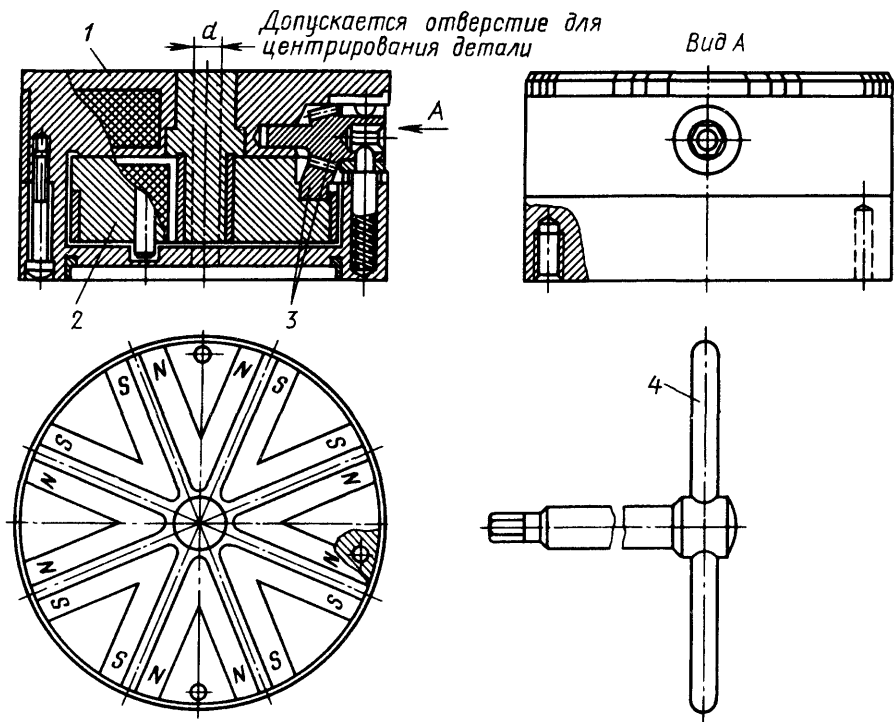


Рис 3.23. Магнитный патрон

на 12 включается электромагнит 6, который через рычаг 5 вводит в зацепление зубья муфты 4, обеспечивая передачу вращения от электродвигателя 7 через червячную передачу 3 на вал 8 с гайкой 10. Гайка 10, навинчиваясь или свинчиваясь с резьбы тяги 11, заставляет тягу (при перемещении вдоль оси) сводить или разводить кулачки патрона. При достижении необходимой силы зажима кулачки муфты 9 выходят из зацепления, сжимают пружину 2 и нажимают на концевик 1, который выключает электродвигатель 7 и электромагнит 6.

Магнитные приспособления имеют следующие преимущества перед другими приспособлениями: немеханический способ крепления деталей, исключая приложение сосредоточенной нагрузки; свободный доступ к обрабатываемой поверхности; удобство установки и закрепления заготовки.

Закрепление заготовки на зеркале магнитного приспособления осуществляется магнитным потоком, создаваемым электромагнитом или постоянным магнитом.

Магнитный патрон (рис. 3.23) предназначен для закрепления заготовок (типа дисков, колец и др.) из магнитных материалов. Патрон состоит из неподвижного магнитного блока 1 с набором радиально расположенных магнитов и подвижного блока 2, перемещение которого осуществляется вручную рукояткой 4 через конические зубчатые колеса 3. Этим осуществляется изменение магнитного потока для закрепления или снятия заготовки. Патрон крепится на конце шпинделя с помощью переходного фланца, так же как и токарный патрон.

### 3.7. Вспомогательный инструмент

Вспомогательный инструмент обеспечивает правильную установку и закрепление на станке режущего инструмента и во многом определяет точность и производительность токарной обработки.

На токарных станках резцы могут устанавливаться и закрепляться в специальных оправках, а сверла, развертки, метчики и плашки — в патронах, предо-

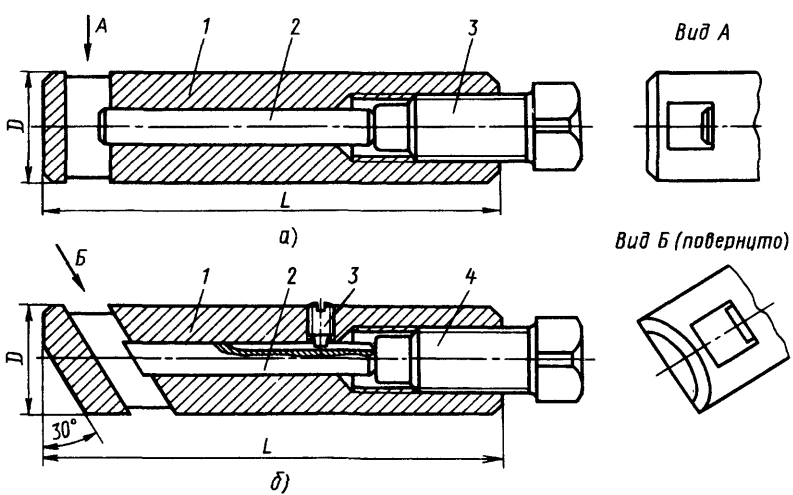


Рис. 3.24. Цилиндрические державки для крепления резцов перпендикулярно (а), под углом (б) к обрабатываемой поверхности:

1 — корпус, 2 — стержень, 3 — направляющий винт, 4 — винт для закрепления резца

раняющих инструмент от поломок и обеспечения самоустановки инструмента по оси обрабатываемой детали и т. д.

Цилиндрические державки (рис. 3.24, а, б), устанавливаемые в отверстия револьверной головки, применяют при относительно тяжелых режимах резания. Они служат для крепления различных резцов прямоугольного и круглого сечений.

Хвостовая регулируемая державка с косым креплением резца (рис. 3.25) предназначена для станков с вертикальной осью вращения револьвер-

ной головки. Корпус 5 державки имеет направляющие пазы типа «ласточкин хвост», в которых перемещается каретка 1 с помощью регулировочного винта 3 со шкалой 4, каретка фиксируется зажимным винтом 2.

Байonetные державки (рис. 3.26) состоят из байонетных патронов и оправок; применяют их главным образом для крепления разверток, которые получают возможность самоустанавливаться в процессе резания. Они позволяют быстро удалить и вставлять режущий инструмент с большим вылетом.

Упоры для ограничения подачи прутка или поворота револьверной головки бывают жесткие, регулируемые и откидные. Регулируемый упор (рис. 3.27) состоит из втулки 3, в которую на нужную величину  $L$  завинчивают упорвинт 2 и фиксируют его гайкой 1. Жесткие упоры отличаются тем, что величина  $L$  у них не регулируется. Откидные упоры обычно применяют в тех случаях, когда все гнезда револьверной головки заняты и крепятся к передней стенке станка.

#### Контрольные вопросы

1. Для чего предназначены приспособления?
2. Назовите типы токарных патронов и объясните принцип их действия.

Рис. 3.25. Хвостовая регулируемая державка

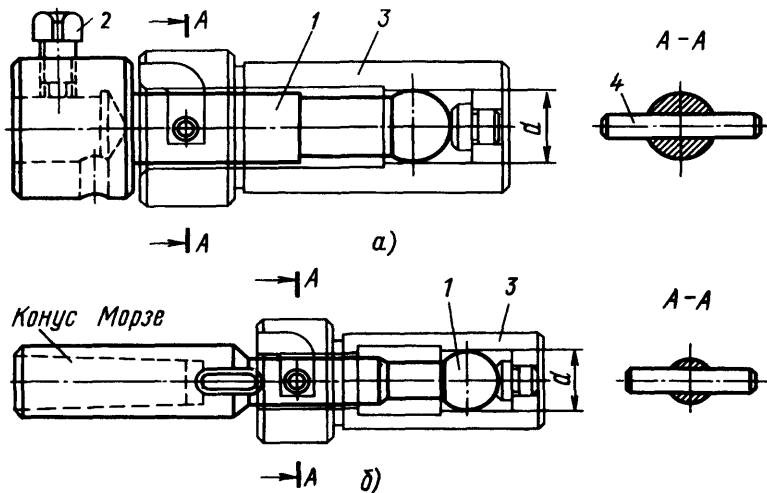


Рис. 3.26. Байонетные державки для инструментов с цилиндрическим (а) и коническим (б) хвостовиком:

1 — качающаяся байонетная оправка, 2 — винт для крепления инструмента, 3 — байонетный патрон, 4 — штифт для передачи вращения инструменту

3. Назовите типы и объясните назначение токарных центров.
4. Расскажите об основных видах вспомогательного инструмента.
5. Расскажите о способах установки и закрепления заготовок.

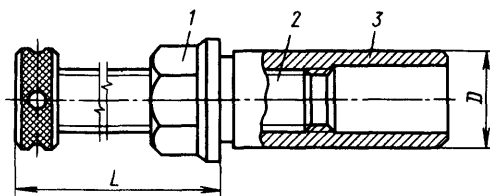


Рис. 3.27. Регулируемый упор

## 4. Технологический процесс обработки заготовок

### 4.1. Основные понятия технологического процесса

Технологический процесс — это совокупность последовательных действий по изменению формы, размеров, качества поверхности заготовки от момента поступления ее на обработку до получения готовой детали. Технологический процесс обработки деталей делится на операции, установки, переходы, рабочие ходы.

Операция — законченная часть технологического процесса обработки заготовки, выполняемая на одном рабочем

месте (на одном станке) непрерывно до перехода к обработке следующей заготовки.

Установка — часть операции, выполняемая при одном неизменном закреплении обрабатываемой заготовки.

Переход — часть операции, характеризующаяся постоянством обрабатываемой поверхности, рабочего инструмента и режима работы станка. Одновременную обработку нескольких поверхностей детали несколькими инструментами принято считать одним переходом.

Рабочий ход — часть перехода, осуществляемая при одном рабочем пере-

мещени инструмента в направлении подачи. За один проход снимают один слой металла.

При изучении технологических процессов и при техническом нормировании в операции выделяют рабочие приемы.

**Рабочий прием** — определенное законченное действие рабочего из числа необходимых для выполнения данной операции (например, установка заготовки, пуск станка и т. п.).

Заготовки для изготовления деталей машин получают литьем, ковкой, штамповкой, сваркой, прессованием, прокаткой, волочением. Заготовки бывают металлические и неметаллические. Неметаллические заготовки в основном получают из пластмасс (синтетических веществ органического происхождения), методом литья, прессования и выдавливания.

К металлическим заготовкам относят прокат из стали и цветных металлов (простых и сложных профилей) в виде прутков и труб, поковки, листовые штамповки, отливки.

Большинство деталей типа валов, втулок, шайб и колец изготавливают из заготовок, поставляемых в виде круглых, шестигранных и квадратных прутков. Крупные и сложные по форме детали получают из штучных заготовок, полученных литьем, ковкой или штамповкой.

Заготовка должна иметь несколько большие размеры, чем обработанная деталь, т. е. иметь припуск — слой металла, снимаемый при механической обработке. Припуск должен быть наименьшим (форма и размеры заготовок должны приближаться к форме и размерам готовой детали) и при этом обеспечивать получение годной детали.

## 4.2. Основные виды технологической документации

Технологический процесс изготовления какого-либо изделия оформляется специальными документами. Для этого введена Единая система технологической документации (ЕСТД), которая устанавливает основные виды технологических документов. Основная цель ЕСТД — установить на всех предприятиях единые правила оформления, выполнения и обращения техноло-

гической документации, что создает возможность обмена между предприятиями технологическими документами без переоформления последних.

К основным технологическим документам относят маршрутные и операционные карты, карты эскизов и рабочие чертежи.

**Маршрутная карта** содержит описание технологического процесса изготовления и контроля изделий по всем операциям в технологической последовательности с указанием данных об оборудовании, оснастке, материальных и трудовых нормативах.

Маршрутная карта состоит из двух основных частей: в верхней части карты помещают сведения об изготавливаемой детали и ее заготовке, а в нижней — описание технологического процесса с разделением его на операции и указанием необходимых станков, приспособлений, режущего, вспомогательного и измерительного инструмента, а также профессий, разряда работы, тарифной сетки, норм времени и расценок.

**Операционная карта** содержит описание операций технологического процесса изготовления изделия с расчленением операций по переходам и указанием режимов работы и данных о средствах технологического оснащения (оборудования и оснастки).

Карта эскизов и схем наладок содержит эскизы, схемы, таблицы, необходимые для выполнения технологического процесса, операции, перехода. Деталь на эскизе располагают в рабочем положении обработки на станке; инструменты указывают в конце обработки поверхности заготовки в конечном положении; на каждой позиции обрабатываемые поверхности изображают толстыми линиями черным (или красным) цветом, а базовые поверхности — условными обозначениями; указывают все размеры с допусками и шероховатость поверхностей и др.

## 4.3. Технологические базы

**Классификация технологических баз.** Поверхности машин, точки и их сочетания, принадлежащие заготовке и предназначенные для ее ориентации (базирования)

и измерения при обработке на станке, называют технологическими базами. Технологические базы разделяют на установочные и измерительные.

Установочные базы — поверхности, а также линии и точки, служащие для установки заготовки на станке и ориентирующие ее относительно режущего инструмента, например торцовая 3 и радиальная 4 поверхности кулачков (рис. 4.1, а) или торцовая поверхность патрона 7 и радиальная поверхность кулачков 8 (рис. 4.1, б), или конические поверхности 5 и 6 центров станка (рис. 4.1, в) и др.

Установочными базами могут быть различные поверхности заготовок (наружные и внутренние цилиндрические поверхности), а также центровые гнезда, плоскости. Например, установочными базами для втулки могут быть наружная цилиндрическая поверхность 1 и торец 2 (см. рис. 4.1, а), наружная 9 и внутренняя цилиндрическая поверхность 10 и торец 11 втулки (рис. 4.1, з).

Для базирования заготовок при первоначальной обработке используют необработанные поверхности (черновые базы), при последующей обработке — обработанные поверхности (чистовые базы). Установочные базы делят на основные и вспомогательные.

Основные установочные базы — это поверхности, которые ориентируют заготовки (обрабатываемые детали) на станке и определяют положение готовых деталей в машине относительно других сопрягаемых деталей при ее работе. Например, основными установочными базами для втулки могут являться торец 11 и внутренняя цилиндрическая поверхность 10, если втулка монтируется на вал (см. рис. 4.1, з).

Вспомогательные установочные базы — это поверхности, которые используют только для установки заготовок деталей на станке; они не имеют особого значения для работы машины. Примерами вспомогательной базы могут служить центровые гнезда вала, обрабатываемого и шлифуемого с установкой в центрах (рис. 4.1, в) станка, необработанная шестигранная поверхность головки болта и др.

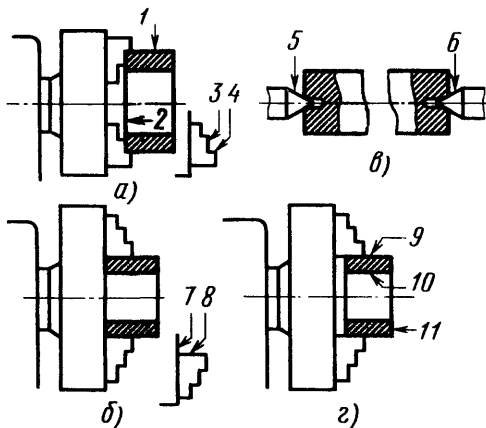


Рис. 4.1. Установочные базы (а—г)

Измерительные базы — поверхности, линия или точки, от которых производят отсчет размеров. Например, на рис. 4.2, а заданы размеры А и С, размер В — свободный, следовательно, поверхность 2 — измерительная.

При выборе черновых установочных баз руководствуются следующими основными правилами: базовые поверхности должны быть по возможности ровными и чистыми (не следует, например, принимать за базы поверхности, на которых располагаются литники, выпоры, заусенцы и линии разреза моделей), базовые поверхности не должны изменяться относительно других поверхностей (не следует, например, брать за базу поверхность литого отверстия, так как его положение может изменяться), за базы рекомендуется принимать поверхности с минимальными допусками или вообще не подвергаемые обработке. При переустановке заготовки черновые базы заменяются чистовыми.

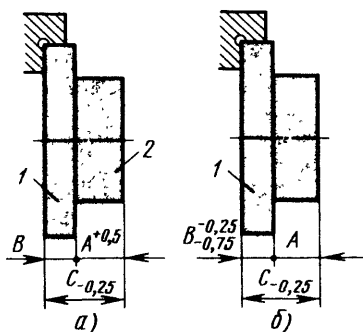


Рис. 4.2. Измерительные базы (а, б)



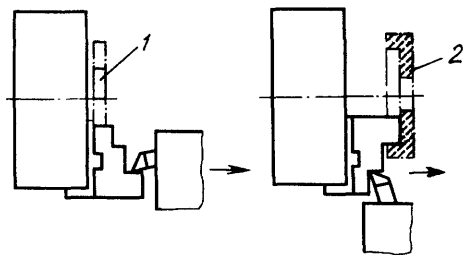


Рис. 4.3. Обеспечение точности обработки в самоцентрирующих патронах

В качестве чистовых установочных баз следует выбирать основные базы, что обеспечивает большую точность обработки, которую необходимо вести с соблюдением принципа постоянства баз, при этом стремятся совмещать установочные и измерительные базы. Например, на рис. 4.2, а измерительной базой является поверхность 2. Станок настроен от установочной базы 1 на размер  $B$ , а размер  $C$  получен на предыдущей операции. Следовательно, не совпадают установочная и измерительная базы. Для получения размера  $A$  в пределах допуска нужно определить отклонения размера  $B$ , как это сделано на рис. 4.2, б. При этом установочная и измерительная базы будут совмещены (совпадут).

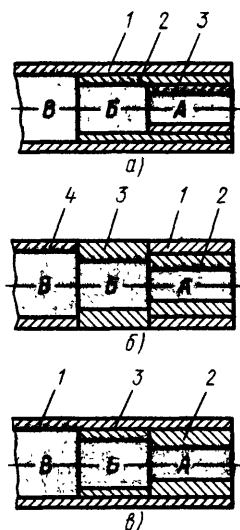


Рис. 4.4. Варианты обработки ступенчатого вала

**Варианты базирования заготовок.** Как указывалось выше (см. рис. 4.1), в качестве базующих поверхностей при точении применяют, например, наружную или внутреннюю цилиндрическую поверхность и торец, два центровых гнезда, наружную или внутреннюю цилиндрическую поверхность и центровое гнездо.

Для повышения точности обработки в самоцентрирующих патронах применяют сырые кулачки, которые протачивают непосредственно перед обработкой одной или партии заготовки. Обработка кулачков производится под нагрузкой (рис. 4.3). Для этого в кулачках с усилием, необходимым для зажима заготовки, закрепляют диск 1 или кольцо 2, чтобы выбрать зазоры в сочленениях. Размер диска должен образовывать между кулачками размер, равный наибольшему диаметру зажимаемой заготовки, а размер кольца — размер, соответствующий наименьшему ее диаметру. Проточку кулачков производят обычно от торца патрона.

Обработку вала, имеющего несколько ступеней, можно выполнить по разным вариантам (рис. 4.4). По схеме, изображенной на рис. 4.4, а, трехступенчатый вал обрабатывают, начиная с торца вала, за три перехода: 1 — обтачивается ступень  $B$ , 2 — ступень  $B$  и 3 — ступень  $A$ . При обработке вала по схеме, приведенной на рис. 4.4, б, каждую ступень вала обтачивают отдельно (переходы 1—4), причем ступень  $A$  вследствие большого припуска может быть обработана за два рабочих хода. Ступень  $B$  (рис. 4.4, в) обтачивают за переход 1, ступень  $A$  — за переход 2 и ступень  $B$  — за переход 3.

На выбор схемы обработки трехступенчатого вала оказывают влияние припуск на отдельных ступенях вала и соотношение их диаметра и длины. Та схема, при которой время обработки наименьшее, будет наиболее выгодной. При чистовом обтачивании порядок обработки ступеней вала зависит от выбранных баз и требует точности обработки. Если вал имеет значительную разницу в диаметрах ступеней, то рекомендуется сначала обтачивать ступени большего диаметра, а ступень меньшего диаметра обтачивать последней.

Заготовку, установленную в патроне, проверяют на биение. Для этого к вращающейся заготовке подносится мел до касания ее цилиндрической поверхности. После остановки шпинделя легкими ударами молотка перемещают к центру выступающую (очерченную мелом) поверхность заготовки, а затем при повторных включениях добиваются, чтобы риска на поверхности детали была почти кольцевой. После этого проверяют надежность закрепления заготовки.

Соосность заготовки относительно оси вращения шпинделя более производительно выверять рейсмусом. Для этого чертилка рейсмуса подводят к проверяемой поверхности медленю вращающейся заготовки и замечают место касания. Смещением оси заготовки добиваются, чтобы чертилка касалась почти всей поверхности заготовки по окружности, после чего производят окончательное ее закрепление. При точной выверке предварительно обработанных цилиндрических заготовок применяют индикаторы.

Более длинные заготовки предварительно закрепляют в патроне и заднем центре. После поджима заготовки задним центром ее закрепляют в патроне окончательно.

При обработке партии заготовок стремятся сократить потери времени, связанные с выверкой и закреплением заготовок. Для этого применяют патроны с механизированным зажимом и установочно-зажимные или самодцентрирующие механизмы, обеспечивающие одновременную установку заготовки в требуемое для обработки положение и ее зажим. К таким механизмам относят канговые, мембранные приспособления с электромагнитным, магнитным, гидро- и пневмоприводом и др.

#### 4.4. Точность обработки

Под точностью обработки понимают степень соответствия обработанной заготовки (детали) требованиям чертежа и технических условий. Точность детали складывается из точности выполнения ее размеров, формы, относительного положения поверхностей и их шероховатости.

Точность, заданная рабочим чертежом, может быть обеспечена различными технологическими методами. В условиях единичного производства она обеспечивается индивидуальной выверкой устанавливаемых на станок заготовок и последовательным снятием стружки пробными рабочими ходами при соответствующих измерениях. Заданный размер получается методом последовательного приближения, при этом точность обработки зависит от квалификации рабочего.

В условиях серийного и массового производства точность обеспечивается методом автоматического получения размеров на предварительном настроенном станке. Установку заготовок осуществляют без выверки на заранее выбранные базовые поверхности. При достаточно большой партии заготовок этот метод более производительен, так как обработка ведется за один установ, а затраты времени на предварительную настройку и наладку станка раскладываются на общее количество заготовок. Точность обработки в этом случае зависит от квалификации наладчика, который производит настройку станка при замене инструмента или выполняет поднастройку при его затуплении и предельном износе.

В обоих случаях на точность обработки влияет субъективный фактор. Влияние субъективного фактора на точность обработки устраняется применением «мерных» режущих инструментов (развертки, метчики, сверла, калибровочные резцы для канавок и т. д.).

В автоматизированном производстве применяют станки с измерительным и регулирующим устройством, которое в случае выхода обрабатываемой детали из поля допуска автоматически корректирует положение инструмента на заданный размер. В данном случае исключается влияние субъективного фактора. Устройства, работающие по указанной схеме, называются устройствами с обратной связью.

При разработке технологического процесса детали для обеспечения требуемой точности обработки приходится учитывать причины, вызывающие погрешности обработки. Основными причинами по-

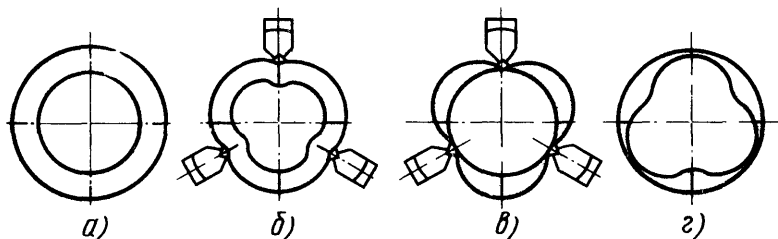


Рис. 4.5. Заготовка (стальное кольцо) до установки на станке (а) после закрепления в трехлапчатом патроне (б), после обработки (в), после снятия со станка (г)

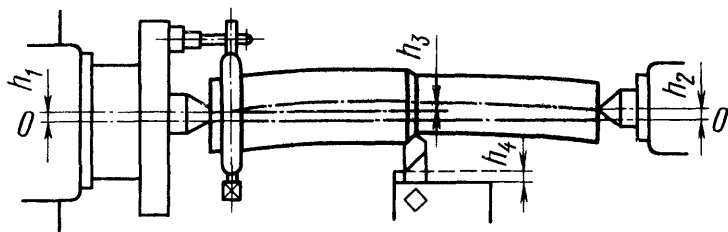


Рис. 4.6. Деформация системы станок — приспособление — инструмент — деталь под действием сил резания

грешностей обработки являются недостаточная точность и жесткость станка, неточность изготовления и недостаточная жесткость режущего и вспомогательного инструмента, погрешности установки заготовки на станке и ее деформации (рис. 4.5) при зажиме или под действием усилий резания и нагрева, а также погрешности, образующиеся в процессе измерения, и др.

В процессе обработки система станок — приспособление — инструмент — деталь деформируется под действием сил резания. Например, под действием сил резания передний центр может сместиться (рис. 4.6) относительно оси  $OO$  ненагруженного станка на величину  $h_1$ , а задний — на величину  $h_2$ . Деталь при этом

прогнется на величину  $h_3$ , а суппорт с резцом сместится на величину  $h_4$ . Эти деформации на практике могут проявляться как совместно, так и в отдельности, и привести к отклонениям формы детали от цилиндричности (рис. 4.7).

Поэтому, чтобы выполнить требования, предъявляемые к детали по точности обработки, последовательность операций назначают, исходя из следующих соображений:

1. Сначала производят черновую обработку заготовки, при которой снимаются наибольшие слои металла. Это позволяет выявить дефекты заготовки и снять внутренние напряжения, вызывающие деформации. Черновая обработка сопровождается значительными силами резания, которые могут оказать влияние на точность окончательно обработанной поверхности, поэтому ее следует выполнять до чистовой обработки.

2. Обработку поверхностей, на которых имеются дефекты заготовок, выполняют в начале технологического процесса при черновых операциях.

3. В первую очередь обрабатывают поверхности, при удалении припуска с которых в наименьшей степени снижается жесткость заготовки.

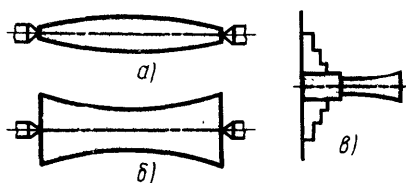


Рис. 4.7. Погрешность формы детали: а, в — при нежесткой заготовке, б — при нежестких центрах

4. Чистовые операции выполняются в конце обработки, так как при этом уменьшается возможность повреждения уже обработанных поверхностей.

5. Поверхности детали, связанные взаимным точным расположением, необходимо обрабатывать с одной установки и на одной рабочей позиции. При обработке штучных заготовок необходимая точность размеров достигается снятием припуска при последовательных проходах. Перед каждым проходом обрабатываемую поверхность детали измеряют и определяют величину припуска, а затем назначают величину подачи инструмента. Так повторяют до тех пор, пока фактический размер обрабатываемой поверхности не войдет в пределы допуска на размер по чертежу. При обработке партии деталей выше описанным методом обрабатывают вначале первую деталь, а затем фиксируют взаимное положение механизмов станка и производят обработку остальных деталей партии.

6. Средства для контроля деталей выбирают с учетом типа производства, вида деталей, программы выпуска, характера процесса обработки, максимального применения оснастки и оборудования, точности измерения, достоверности, трудоемкости и затрат на контроль. Иногда приходится учитывать погрешность измерений, периодичность, продолжительность контроля и др. При выборе средств контроля используют конструкторскую документацию на изделие и его детали; технологическую документацию на изготовление и контроль изделия и его деталей; каталоги средств контроля, стандарты на средства измерения и др.

Средства для контроля качества обработки деталей на токарных станках разделяют на измерительные и контрольно-проверочные. Измерительные инструменты позволяют определить размеры деталей и отклонения от номинальных значений. К таким инструментам относят линейки измерительные, штангенциркули, микрометры, угломеры, индикаторы часового типа и др. К контрольно-проверочным инструментам относят предельные калибры (пробки, скобы, кольца, втулки), шаблоны, щупы, угольники, лекальные линейки. Эти инструменты указывают только на

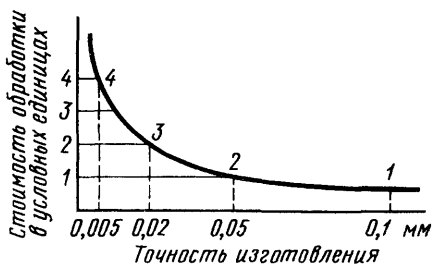


Рис. 4.8. Зависимость стоимости обработки детали от точности ее изготовления

ошибки в размерах и форме деталей, но не показывают величину погрешности.

Чем выше требования к точности детали, тем выше требования, например, к металлорежущему станку, режущему и вспомогательному инструменту, точности измерения, квалификации рабочего, т. е. получение более высокой точности обработки требует более высоких затрат времени и труда (рис. 4.8).

#### 4.1. Средняя экономическая точность и шероховатость для различных методов обработки заготовок из стали и чугуна

Метод обработки	Квалитет точности	Шероховатость по Ra, мкм
Точение наружное и растачивание:		
предварительное	12 и грубее	12,5
чистовое	10 и грубее	3,2—1,6
тонкое на станках класса П	5 и 6	0,8—0,4
Фрезерование:		
предварительное	12 и грубее	6,3
чистовое	8	3,2—1,6
точное	6	0,8—0,4
Сверление	11—12	6,3—3,2
Зенкерование	10 и грубее	3,2—1,6
Развертывание:		
предварительное	8 и грубее	1,6—0,8
чистовое	7	0,8—0,4
Протягивание отверстия	7—8	0,8—0,4
Шлифование наружное и внутреннее:		
чистовое	7	0,4—0,2
тонкое на станках класса П	5—6	0,1—0,05
Притирка	5 и точнее	0,1—0,25
Доводка	4 и точнее	0,05 и менее

Различают экономическую и достижимую точность обработки. Экономическая точность обработки (табл. 4.1) — понятие условное, определяющее возможность выбора способа обработки деталей с необходимой точностью при минимальных затратах времени и труда. Достижимая точность — максимальная точность, которая может быть достигнута при обработке детали рабочим высокой квалификации на токарном станке в условиях производства, обеспечивающих обработку деталей с заданной точностью. Сравнением экономической и достижимой точности определяют совершенство технологического процесса обработки детали.

#### 4.5. Наладка и настройка станка

Наладкой станка называют подготовку его к выполнению определенной работы по изготовлению детали в соответствии с установленным технологическим процессом. После наладки обрабатывают две-три детали, и если полученные после обработки размеры не соответствуют указанным на чертеже, то производят подналадку инструмента на требуемый размер.

Для обеспечения требуемых режимов резания производят настройку станка.

Настройкой станка называют подготовку кинематической части станка к выполнению заданной обработки по установленным режимам резания.

Перед началом работы токарь должен убедиться, что станок выполняет все команды, а перемещение (вручную и автоматически) салазок суппорта осуществляется плавно, без скачков, рывков и заеданий. Затем проверить крепление патрона на шпинделе станка, выполнение им команд по пуску и остановке электродвигателя, включению и выключению механических подач суппорта. Убедившись в исправности станка, приступают к его наладке. Для этого определяют, как должна устанавливаться и закрепляться заготовка на станке — в центрах, в патроне или другим способом.

**Наладка.** Перед установкой трехкулачкового самоцентрирующего патрона протирают обтирочным материалом, слегка смоченным в керосине, резьбу или конический конец и коническое отверстие шпинделя; прочищают внутреннюю резьбу или коническое отверстие переходного фланца патрона; в коническое отверстие шпинделя резким движением вставляют направляющую оправку (рис. 4.9, а); берут патрон двумя руками (рис. 4.9, б) и осторожно надевают его на направляющую оправку,

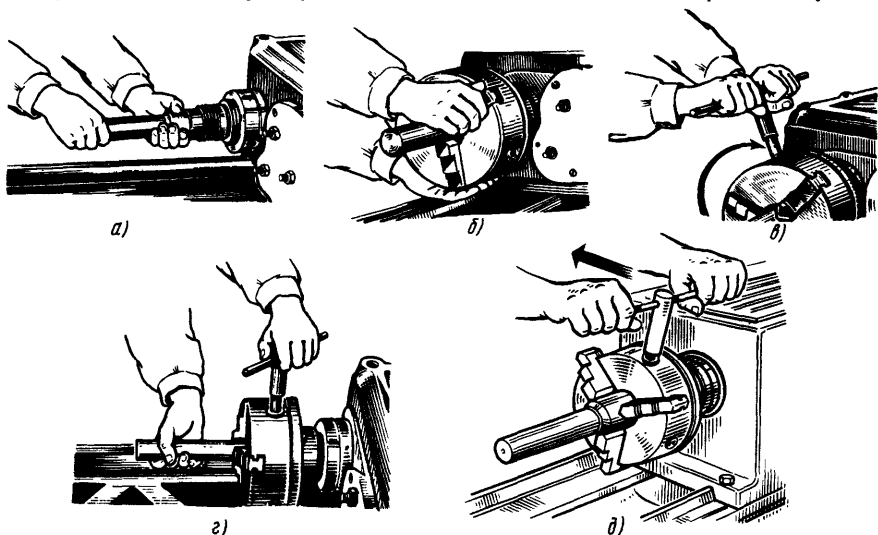


Рис. 4.9. Установка и снятие трехкулачкового патрона:

а — установка оправки, б — установка трехкулачкового патрона на шпиндель, в — закрепление патрона, г — закрепление заготовки, д — освобождение патрона

далее, перемещая патрон влево и вращая его, совмещают первые нитки резьбы шпинделя и патрона, а затем, поддерживая патрон левой рукой снизу и одновременно вращая правой рукой, доворачивают его до отказа; ключом, вставленным в одно из квадратных отверстий патрона, слегка отводят его на себя и резко (с усилием) поворачивают от себя до отказа (рис. 4.9, в); во избежание самоотвинчивания патрона вставляют зубья стопорных сухарей в пазы шпинделя и прочно крепят их винтами; удаляют направляющую оправку, выталкивая ее (легким ударом) латунным прутком через отверстие в шпинделе.

Для установки заготовки в трехкулачковый самоцентрирующий патрон левой рукой разводят кулачки патрона ключом (рис. 4.9, з) настолько, чтобы между кулачками прошла заготовка; правой рукой вводят заготовку между кулачками и сначала зажимают левой рукой, а затем, вращая ключ двумя руками, окончательно закрепляют заготовку в патроне.

Если обработку производят в центрах, то для снятия патрона (рис. 4.9, д) вначале разводят кулачки патрона и в отверстии шпинделя закрепляют оправку; затем снимают стопорные сухари и, вставив ключ в гнездо патрона, резко поворачивают патрон на себя, а потом, поддерживая патрон левой рукой и перехватываясь правой, осторожно свинчивают патрон на оправку и снимают со станка.

После удаления оправки тщательно протирают коническое отверстие шпинделя и конический хвостовик центра. Затем правой рукой вводят центр (хвостовиком) в отверстие шпинделя и резким движением вставляют его до отказа (рис. 4.10, а). Включают вращение шпинделя и проверяют центр на радиальное биение. Если центр вращается с биением, то его выбивают латунным прутком и снова вставляют в отверстие шпинделя, повернув на  $30-45^\circ$  вокруг оси. Затем левой рукой вставляют центр в пиноль задней бабки. Для проверки соосности центров заднюю бабку подводят влево так, чтобы расстояние между вершинами центров было не более  $0,3-0,5$  мм; закрепляют пиноль и проверяют (на глаз) совпадение вершин в горизонтальной плоскости. Если верши-

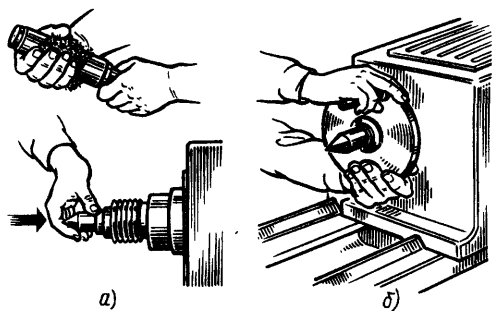


Рис. 4.10. Установка центра и поводкового патрона

ны центров не совпадают, то добиваются их соосности смещением задней бабки. После этого производят установку поводкового патрона (рис. 4.10, б), используя те же приемы что и при установке трехкулачкового патрона.

Следующим элементом наладки является выбор и установка резца в резцедержателе по высоте оси центров станка (рис. 4.11). Для этого резцедержатель подводят к центру задней бабки, вершину головки резца устанавливают так, чтобы вылет резца не превышал  $1-1,5$  высоты его державки, определяют взаимное положение вершины головки резца и центра станка и совмещают их по высоте введением подкладок под державки резца. Подкладки должны иметь параллельные и хорошо обработанные поверхности, не должны по длине и ширине выходить за пределы опорной поверхности резцедержателя. Число подкладок должно быть не более двух.

**Настройка.** После наладки токарного станка производят его настройку. Перед настройкой станка на заданные частоту вращения шпинделя и подачу рукоятку

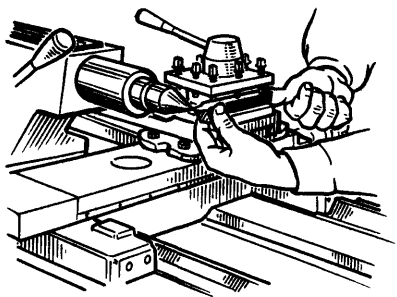


Рис. 4.11. Установка резца в резцедержателе по оси центров станка

включения шпинделя устанавливаются в нейтральное (среднее) положение, рукоятки включения продольных и поперечных подач — в нерабочее положение, а затем перемещают суппорт к задней бабке так, чтобы расстояние между ними было 100—150 мм.

Вначале настраивают отдельные кинематические цепи станка (главного движения и подачи), а затем устанавливают в определенное положение органы управления (рукоятки коробки скоростей и коробки подач) для получения требуемых скорости резания и подачи. Конкретное значение частоты вращения шпинделя и ходового валика определяют, исходя из рациональных режимов обработки заготовок.

Рациональный выбор режима резания заключается в назначении таких значений подачи, глубины и скорости резания, которые позволяют максимально использовать технологические возможности станка и режущего инструмента. Режим резания обычно выбирают в такой последовательности: устанавливают глубину резания, исходя из припуска на обработку и выполнения ее с наименьшим числом рабочих ходов; устанавливают подачу с учетом прочности механизма подач и жесткости заготовки (для черновой обработки), а также требуемой шероховатости поверхности, геометрии инструмента и материала заготовки (для чистовой обработки); устанавливают допустимую скорость резания, исходя из выбранных глубины резания и подачи, мощности станка, материала заготовки, материала, геометрии и стойкости инструмента.

#### **4.6. Рациональная организация рабочего места токаря**

Участок производственной площади цеха, на котором расположены станок с комплектом приспособлений, вспомогательный и режущий инструмент, техническая документация и другие предметы и материалы, находящиеся непосредственно в распоряжении токаря, называется рабочим местом.

От уровня оснащенности рабочего места и уровня организации труда на нем в значительной мере зависит производительность труда токаря. В оснащении ра-

бочего места входят один или несколько станков с постоянным комплектом принадлежностей; комплект технологической оснастки постоянного пользования, состоящий из приспособлений, режущего измерительного и вспомогательного инструментов; комплект технической документации, постоянно находящийся на рабочем месте (инструкция, справочники, вспомогательные таблицы и т. д.); комплект предметов ухода за станком и рабочим местом (масленки, щетки-сметки, крючки, совки, обтирочные материалы и т. д.); инструментальные шкафы, подставки, планшеты, стеллажи и т. п.; передвижная и переносная тара для заготовок и обработанных деталей; подножные решетки, табуретки или стулья.

Наибольшим количеством такого оснащения располагает токарь, работающий в условиях единичного и мелкосерийного производства и значительно меньшим — в условиях серийного и крупносерийного производства.

Правильная организация рабочего места — это такое содержание станка, такой порядок расположения приспособлений, инструмента, заготовок и готовых деталей, при котором достигается наивысшая производительность труда при минимальных затратах физической, нервной и умственной энергии рабочего.

На рабочем месте не должно быть ничего лишнего, ненужного, не используемого в работе. Все применяемые в работе предметы должны иметь постоянные места хранения, а те предметы, что используются чаще, должны располагаться ближе в более удобных местах.

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

Планировка рабочего места зависит от многих условий, в том числе от типа станка, его размеров, от размеров и формы обрабатываемых деталей, от типа и организации производства и др. Чаще применяют следующие два варианта плани-

ровки рабочего места. В первом случае инструментальный шкаф (тумбочка) располагается справа от рабочего, а стеллаж для деталей — слева. Такая планировка рабочего места является рациональной при преобладающей обработке деталей с установкой в центрах левой рукой. Во втором случае инструментальный шкаф (тумбочка) располагается с левой стороны от рабочего, а стеллаж — с правой. Такая планировка рабочего места удобна при установке и снятии заготовки правой рукой или двумя руками при обработке длинных и тяжелых деталей.

Сохранность и готовность оборудования к безотказной и производительной работе обеспечивают повседневным уходом за рабочим местом. При этом большое значение имеет своевременное и правильное смазывание станка в соответствии с требованиями, изложенными в руководстве по эксплуатации. Смазывание станка является прямой обязанностью токаря.

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

Рациональная организация рабочего места, выполнение правил эксплуатации станка и соблюдение правил безопасности являются важнейшими условиями высокопроизводительного труда.

#### Контрольные вопросы

1. В чем заключается сущность технологического процесса?
2. Какие заготовки обрабатывают на токарных станках?
3. Какие требования предъявляют к установке деталей на станке?
4. Что влияет на точность обработки деталей?
5. Что называется наладкой и настройкой станка?
6. Как назначают режимы резания?

## 5. Обработка наружных цилиндрических поверхностей

### 5.1. Обработка резцами с пластинами из твердых сплавов

Для наружного продольного чернового и чистового точения применяют проходные резцы. Резцы для чернового точения работают обычно с более высокими скоростями резания и снимают стружку большего сечения, чем резцы для чистового точения.

Проходные резцы бывают прямые, отогнутые и упорные. По направлению подачи различают проходные резцы левые и правые. Правые резцы применяют для обработки наружных поверхностей при продольной подаче справа налево, левые — при продольной подаче слева направо.

Прямые проходные твердосплавные резцы изготовляют с главным углом в плане  $\varphi = 45, 60$  и  $75^\circ$  (рис. 5.1). Отогнутые проходные твердосплавные резцы (рис. 5.2, а и б) изготовляют в основном с  $\varphi = 45^\circ$ . Их широко применяют, так как ими можно производить не только про-

дольное, но и поперечное точение. Упорные проходные твердосплавные резцы (рис. 5.2, в) изготовляют с  $\varphi = 90^\circ$ . Они пригодны для обработки деталей с уступами небольших размеров и для обработки нежестких деталей.

При одной и той же глубине  $t$  резания и подаче  $S$  поперечное сечение ( $a \times b$ ) срезаемого слоя (рис. 5.3) имеет различную форму, которая зависит от угла  $\varphi$ . Площадь ( $\text{мм}^2$ ) поперечного сечения определяется по формуле  $f = a \cdot b = t \cdot S$ , где  $a$  — толщина срезаемого слоя, измеряемая по нормали к режущей кромке инструмента,  $b$  — ширина срезаемого слоя, измеряемая между обрабатываемой и обработанной поверхностями вдоль режущей кромки инструмента.

Главный угол в плане влияет на стойкость резца и скорость резания. Чем меньше  $\varphi$ , тем выше его стойкость и допускаемая скорость резания. Однако при этом увеличивается нагрузка на резец и при недостаточной жесткости системы ста-



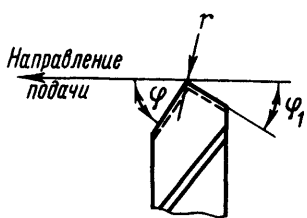


Рис. 5.1. Прямой проходной твердосплавный резец:

$\varphi$  и  $\varphi_1$  — главный и вспомогательный углы в плане,  $r$  — радиус скругления при вершине резца

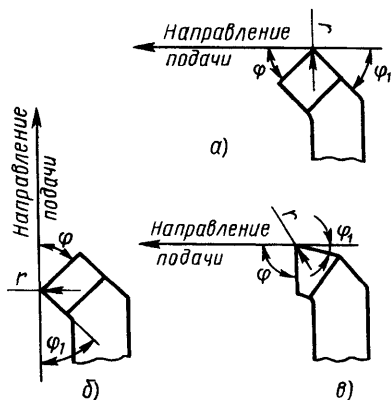


Рис. 5.2. Проходные отогнутые (а и б) и упорный (в) резцы

нок — инструмент — приспособление — деталь могут возникнуть вибрации. В этом случае необходимо увеличить угол  $\varphi$ . При достаточно жесткой системе  $\varphi=45^\circ$ , при малой жесткости  $\varphi=90^\circ$ , а при средней жесткости  $\varphi=60 \div 75^\circ$ .

Вспомогательный угол  $\varphi_1$  в плане (см. рис. 5.2) уменьшает участие вспомогательной режущей кромки в резании,

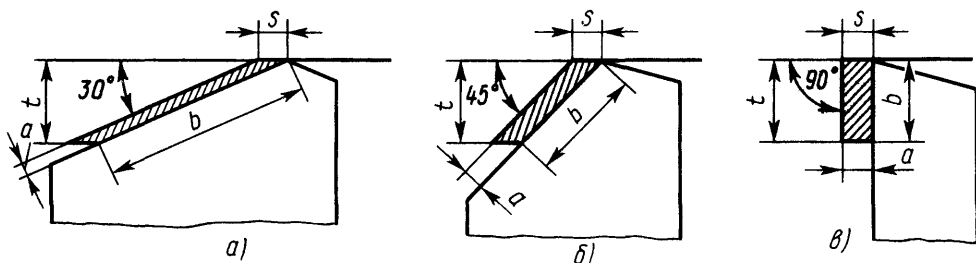


Рис. 5.3. Форма сечения стружки при  $\varphi=30^\circ$  (а);  $\varphi=45^\circ$  (б);  $\varphi=90^\circ$  (в)

влияет на скорость резания и на шероховатость обрабатываемой поверхности. При черновой обработке выбирают проходные резцы с  $\varphi_1=10 \div 15^\circ$ .

Радиус  $r$  скругления при вершине резца оказывает влияние на прочность режущей кромки и стойкость резца. Увеличение  $r$  уменьшает шероховатость обработанной поверхности, но вызывает увеличение нагрузки на резец и приводит к возникновению вибраций. Для проходных резцов с твердосплавными пластинками  $r=0,5$  мм для резца с поперечным сечением державки  $10 \times 16$  см и  $12 \times 20$  мм;  $r=1,0$  мм для резцов с сечением  $16 \times 25$  мм и  $20 \times 32$  мм и  $r=1,5$  мм для резцов с сечением  $25 \times 40$  мм и  $30 \times 45$  мм.

С увеличением значения переднего угла резца  $\gamma$  улучшается сход стружки, но уменьшается угол заострения  $\beta$ , что снижает прочность резца. При обработке мягких сталей  $\gamma=8 \div 20^\circ$  (рис. 5.4, а).

При обработке резцами более прочных сталей ( $\sigma_B > 1000$  МПа) и для тяжелых условий работы станка целесообразно применять плоскую форму резца с отрицательным передним углом (рис. 5.4, б), значение которого уменьшается ( $\gamma=-5 \div -10^\circ$ ) с увеличением трудности обработки заготовки.

Форму заточки передней поверхности твердосплавных резцов с плоской поверхностью и положительным передним углом  $\gamma$  (табл. 5.1) применяют при обработке серого чугуна, бронзы и других хрупких материалов, а также при тонком и чистовом точении с подачами до 0,2 мм/об. Угол  $\gamma$  затачивают не по всей длине передней поверхности твердосплавной пластинки, а на площадке шириной  $f=3 \div 4$  мм, в пределах  $10^\circ < \gamma < 15^\circ$ . Причем значения угла  $\gamma$  уменьшаются с увеличением

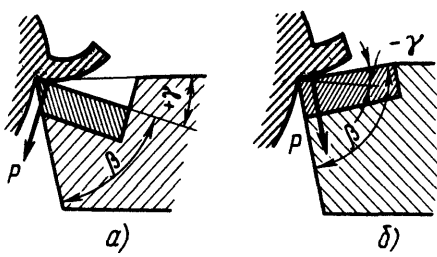


Рис. 5.4. Резец с положительным (а) и отрицательным (б) передним углом

прочности материала заготовки. Для упрочнения наиболее нагруженного участка резца этого типа вдоль режущей кромки снимается фаска шириной от 0,2 до 1,2 мм в зависимости от толщины среза с отрицательным углом наклона до  $\gamma_{\phi} = 5^{\circ}$ . Такую форму передней поверхности резца называют плоской с фаской и применяют при обработке ковкого чугуна, стали и стальных отливок. При резании сталей этими

резцами образуется (особенно при высоких скоростях резания) большое количество малоизвитой, опасной и неудобной для транспортирования стружки. Такая стружка наматывается на заготовку, инструмент и представляет опасность для рабочего. Для завивания стружки переднюю поверхность резца затачивают с выкружкой радиусом  $R = 3 \div 18$  мм и шириной  $b = 2,5 \div 15$  мм. Причем меньшие значения применяют при обработке сталей меньшей прочности ( $\sigma_B < 1000$  МПа). Такая форма заточки называется радиусной с фаской.

Угол  $\lambda$  наклона главной режущей кромки резца оказывает влияние на направление схода стружки относительно режущей кромки (рис. 5.5). При  $\lambda < 0$  завивающаяся стружка сходит влево; при  $\lambda = 0$  стружка сходит в направлении, перпендикулярном главной режущей кромке; при  $\lambda > 0$  стружка сходит вправо. При  $\lambda >$

### 5.1. Формы заточки передней поверхности твердосплавных резцов

Форма заточки	Эскиз	Область применения
Плоская с положительным передним углом		Резцы всех типов, быстрорежущие и твердосплавные для обработки чугуна Резцы из быстрорежущей стали при точении стали с подачей $S < 0,2$ мм/об Фасонные резцы со сложным контуром режущих кромок
Плоская с отрицательным углом		Резцы с пластинками из твердого сплава при обработке стали с $\sigma_B > 800$ МПа при жесткой технологической системе Резцы из быстрорежущей стали при точении стали с подачей $S > 0,2$ мм/об ( $f = 0,8$ ; $v_{\phi} = 0$ )
Плоская с фаской		Резцы с пластинками из твердого сплава при обработке стали с $\sigma_B > 800$ МПа ( $f = 0,5$ ; $v_{\phi} = 3 \div 5^{\circ}$ ) То же, с $\sigma_B \geq 800$ МПа при нежесткой системе
Радиусная с фаской		Резцы всех типов из быстрорежущей стали, за исключением фасонных со сложным контуром режущих кромок ( $f = 0,8S$ ; $v_{\phi} = 0$ , $R \geq 3$ мм) Резцы с пластинками из твердого сплава при подаче $S \geq 0,3$ мм/об для обработки стали с $\sigma_B \geq 800$ МПа ( $f = 0,2 \div 0,3$ ; $v_{\phi} = -3 \div 5^{\circ}$ , $R = 4 \div 6$ мм)

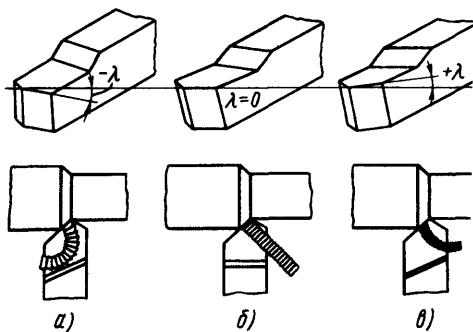


Рис. 5.5. Направление схода стружки в зависимости от угла  $\lambda$ :

$\lambda < 0$  (а),  $\lambda = 0$  (б),  $\lambda > 0$  (в)

$> 0$  головка резца более массивная и стойкая, поэтому при черновой обточке, когда качество обработанной поверхности не имеет особого значения, рекомендуется  $\lambda = 0 \div 5^\circ$ .

При токарной обработке наружных поверхностей значения углов  $\gamma$  и  $\alpha$  могут изменяться в зависимости от положения режущей кромки относительно оси заготовки. Если резец установлен по оси заготовки (рис. 5.6), то значения углов  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  и  $\delta$  соответствуют значениям, полученным при заточке. При установке того же резца выше оси заготовки передний угол  $\gamma$  увеличивается, а углы  $\delta$  и  $\alpha$  уменьшаются; при этом улучшаются условия резания, так как стружка легче сходит по передней поверхности, но незначительная перегрузка отжимает резец вниз и он внедряется в материал детали, что может вызвать выкрашивание режущей кромки или поломку резца.

Когда режущая кромка резца расположена ниже оси заготовки, то угол  $\gamma$  уменьшается, углы  $\alpha$  и  $\delta$  увеличиваются. При этом условия резания значительно

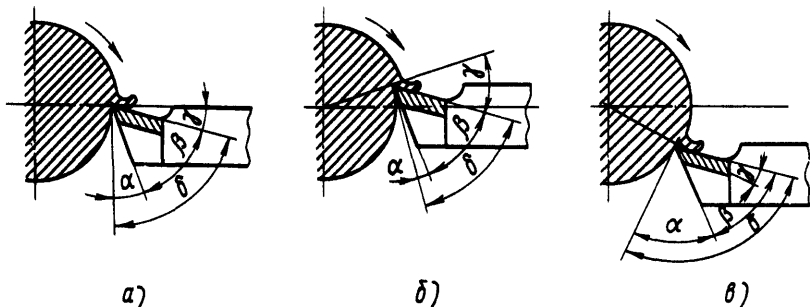


Рис. 5.6. Углы резания при установке резца по оси заготовки (а), выше (б) и ниже (в) ее

Задний угол  $\alpha$  позволяет снизить трение между задней поверхностью резца и поверхностью резания обрабатываемой заготовки. Увеличение заднего угла уменьшает угол  $\beta$  заострения, что снижает прочность резца. Для твердосплавных резцов в зависимости от прочности обрабатываемого материала  $\alpha = 6 \div 12^\circ$ .

ухудшаются по сравнению с первыми двумя случаями, так как под действием нагрузки резец отходит от заготовки. При черновом обтачивании, когда снимается стружка большого сечения, резец устанавливают по оси заготовки или немного выше ее (но не более 0,01 диаметра обрабатываемой заготовки).

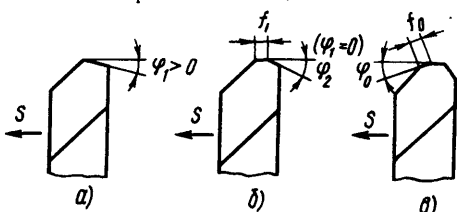
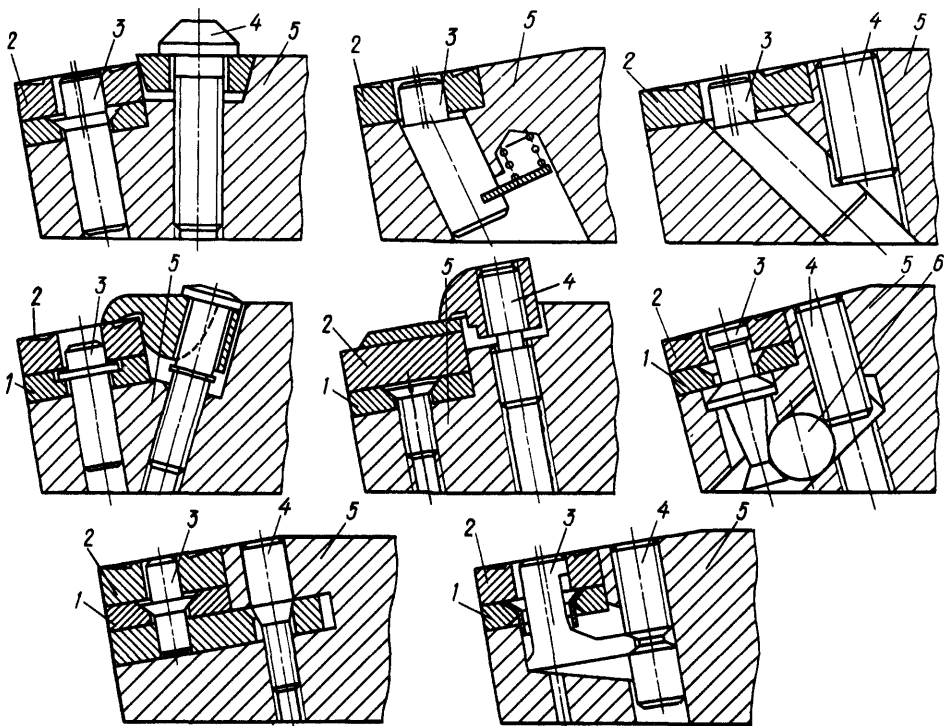


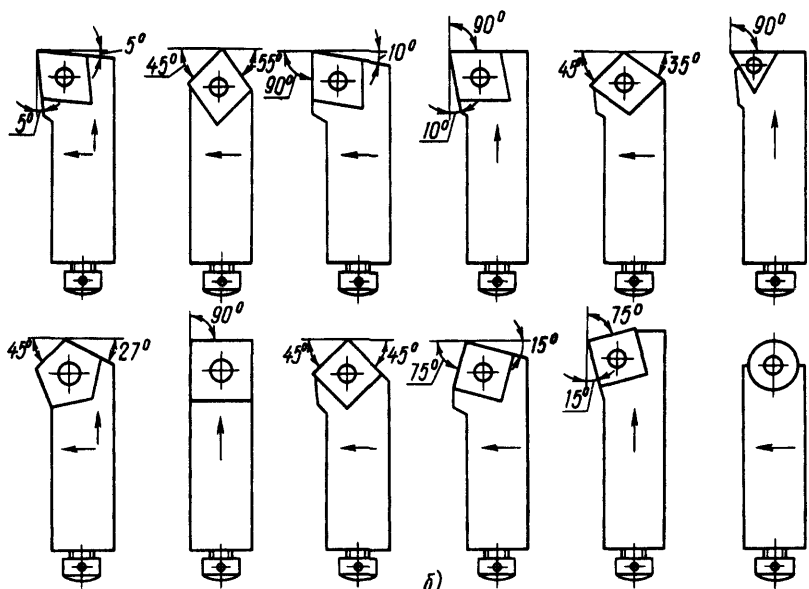
Рис. 5.7. Дополнительные режущие кромки у проходных резцов:

а — отсутствуют, б — по направлению подачи ( $f_1$ ), в — переходная ( $f_0$ )

Для черновой и получистовой обработки с большими подачами проходные твердосплавные резцы могут быть выполнены с дополнительной режущей кромкой  $f_1$  (рис. 5.7, а—в). Эти резцы имеют главную режущую кромку, образованную главным углом в плане  $\varphi = 45^\circ$ , и дополнительную режущую кромку с углом  $\varphi_1 = 0$  и длиной от 1,2 до 1,8 величины подачи (она располагается параллельно направлению подачи, с увеличением ее



a)



б)

Рис. 5.8. Проходные резцы сборной конструкции (а) и типовые резцовые вставки с механическим креплением многогранных и цилиндрических твердосплавных пластин (б):

1 — подкладка, 2 — пластинка, 3 — штифт, 4 — винт, 5 — державка, 6 — шарик

длины уменьшаются шероховатость обрабатанной поверхности). Для предохранения вершины резца от скалывания вводят переходную кромку  $f_0 \approx 1$  мм под углом  $\varphi_0 = 20^\circ$ . Для обламывания стружки на передней поверхности вышлифовывают канавку шириной 8—10 мм и глубиной 1—1,5 мм, располагая ее под углом  $15—20^\circ$  к главной режущей кромке. Углы резца  $\gamma = 5^\circ$ ,  $\alpha = 6^\circ$ ,  $\alpha_1 = 3 \div 5^\circ$ ,  $\lambda = 0 \div 4^\circ$ . Работа резцами этого типа сопряжена с большими нагрузками на резец, что важно учитывать при недостаточной жесткости конструкции станка и крепления инструмента.

Прходные резцы сборной конструкции (рис. 5.8, а, б) по сравнению с резцами с напаянными твердосплавными пластинками имеют следующие преимущества: сокращаются расходы, связанные с переточкой; вспомогательное время на смену и подналадку резцов, а также потери твердого сплава.

## 5.2. Обработка быстрорежущими резцами. Чистовая обработка

Резцы из быстрорежущих сталей по форме головки подобны твердосплавным резцам того же назначения, но отличаются от них углами и другими элементами головки (см. табл. 5.1). Резцы с плоской передней поверхностью и положительным передним углом  $\gamma$  рекомендуются применять при обработке чугуна, бронзы и других хрупких материалов и сталей с подачей  $S < 0,2$  мм/об. Резцы с плоской пере-

дной поверхностью с фаской применяют при обработке сталей с подачей  $S > 0,2$  мм/об.

Головки резцов с криволинейной передней поверхностью и фаской ( $R = 3—18$  мм,  $b = 2,5 \div 15$  мм) применяют при обработке сталей. У рассматриваемых резцов  $\gamma = 20 \div 25^\circ$ ,  $\alpha = 8 \div 12^\circ$ .

**Чистовая обработка.** При чистовом точении получают поверхности с малой шероховатостью, точные по форме и размерам. Когда требования по шероховатости поверхности обычным проходным резцом не обеспечиваются, применяют резцы, предназначенные только для чистового точения (рис. 5.9, а, б).

Форма передней поверхности чистовых твердосплавных резцов соответствует форме твердосплавных резцов, применяемых для черновой обработки ( $\alpha = 12^\circ$ ,  $\varphi = 5 \div 10^\circ$ ,  $\lambda = -2 \div 4^\circ$ ).

Форма передней поверхности, значения передних и других углов (кроме заднего,  $\alpha \leq 12^\circ$ ) у чистовых резцов из быстрорежущей стали соответствуют аналогичным параметрам быстрорежущих резцов для черновой обработки. Следует учитывать, что при увеличении переднего угла заедания резца и вибрации уменьшаются, а следовательно, повышается качество обрабатываемой поверхности.

Установка резца относительно оси детали при чистовой обработке должна исключать возникновение дефектов на обработанной поверхности. Это достигается установкой вершины резца по оси заготовки или несколько ниже ее. Вылет резца (при закреплении) должен быть минимальным.

## 5.3. Обработка резцами с вращающимися круглыми пластинами

Резцы с вращающимися круглыми пластинами чаще всего имеют форму усеченного конуса с круговой режущей кромкой и бывают двух видов. К первому виду относят резцы, у которых режущие круглые пластинки по мере изнашивания поворачиваются на незначительный угол рабочим, а ко второму — самовращающиеся резцы и резцы с принудительным вращением.

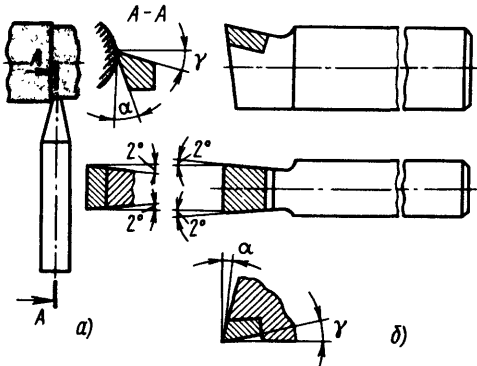


Рис. 5.9. Чистовой резец для точения с малой подачей (а) и чистовой лопаточный резец для точения с большой подачей (б)

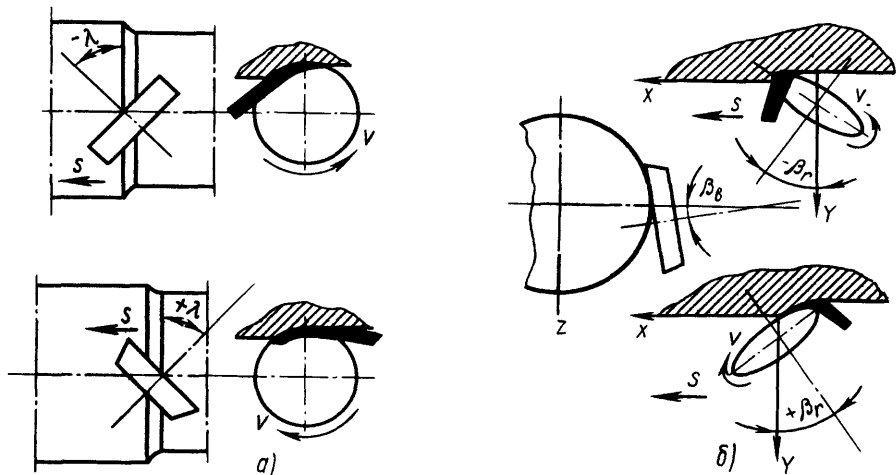


Рис. 5.10. Схемы установки самовращающихся резцов:

*a* — торцовая поверхность круглого резца является передней поверхностью, а боковая — задней, *б* — боковая поверхность круглого резца является передней поверхностью, а торцовая — задней

Применяют две схемы установки самовращающихся резцов. По первой схеме ось вращения пластинки располагается в вертикальной плоскости с отклонением на вертикали на угол  $\pm\lambda$  (рис. 5.10, *a*). По второй схеме установки ось вращения пластинки располагается в горизонтальной плоскости с отклонением на угол  $\pm\beta$  (рис. 5.10, *б*).

Вращение режущей пластинки вызывается силами трения между режущей и обрабатываемой поверхностями. Направление вращения режущей пластинки и направление схода стружки зависит от того, к какой (обработанной или необработанной) поверхности детали обращена задняя поверхность самовращающегося резца. Если задняя поверхность самовращающегося резца обращена к необработанной поверхности детали под углом  $-\lambda$ , то вращение резца и сход стружки направлены в сторону обработанной поверхности детали, т. е. не совпадают с направлением подачи (обратное резание). Если задняя поверхность самовращающегося резца обращена к обработанной поверхности детали под углом  $+\lambda$ , то вращение резца и сход стружки направлены в сторону необработанной поверхности детали, т. е. совпадают с направлением подачи (прямое резание).

Прямое резание по сравнению с обрат-

ным обеспечивает большую глубину резания и большую стойкость инструмента. Вместе с тем обратное резание протекает с меньшим поверхностным упрочнением обработанной поверхности при меньших температуре и усилиях в зоне резания.

Первая схема установки самовращающегося резца (см. рис. 5.10, *a*) по сравнению со второй схемой (см. рис. 5.10, *б*) позволяет обрабатывать с большей глубиной резания и с меньшим радиусом сопряжения обрабатываемых поверхностей, а также увеличивает стойкость режущей пластинки. Вторая схема установки резца обеспечивает меньшую шероховатость поверхности.

На рис. 5.11 приведены конструкции самовращающихся резцов, предназначенные для работы по первой схеме: на рис. 5.11, *a*, *б*, *г* — режущие пластинки, выполненные за одно с осью вращения, а на рис. 5.11, *в*, *д* — режущие пластинки, изготовленные отдельно от оси вращения. Резцы, изображенные на рис. 5.11, *б* и *д*, выполнены сборными повышенной жесткости на подшипниках качения, что резко снижает коэффициент трения при вращении режущей пластины. Подвод СОЖ позволяет охладить и смазать режущие кромки и детали резца. Для смазки трущихся деталей самовращающихся резцов применяют консистентные смазки.

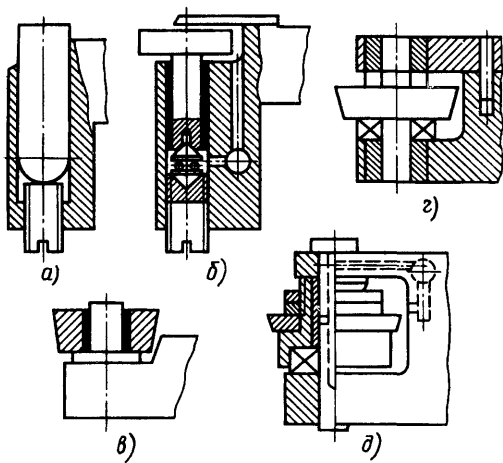


Рис. 5.11. Конструкции самовращающихся резцов

Процесс резания вращающимися резцами облегчается с увеличением передних углов режущих пластинок. Однако для повышения прочности инструмента и улучшения теплоотвода применяют режущие пластинки с небольшими передними углами ( $\gamma = 5 \div 10^\circ$ ). Требуемый передний угол обработки получают наклоном всего инструмента к заготовке на соответствующий угол. В результате наклона инструмента с пластинкой, у которой  $\gamma = 10^\circ$ , можно получить передний угол обработки до  $60^\circ$ .

Наклон инструмента оказывает существенное влияние на процесс резания детали. Наименьший коэффициент трения наблюдается при угле наклона резца около  $30^\circ$ , а общий минимальный расход энергии на единицу мощности станка, минимальная усадка стружки и наибольшая стойкость резца обеспечиваются при угле наклона  $40\text{—}50^\circ$ .

При малых углах наклона инструмента значительно снижается стойкость, а при больших — резко возрастают силы резания. С уменьшением подачи возникают вибрации; с увеличением глубины резания резко возрастают силы резания и появляются вибрации, стружка не отделяется от поверхности детали, снижается стойкость инструмента. Для повышения виброустойчивости вращающейся режущей пластинки следует увеличивать подачу или уменьшать диаметр режущей пластинки, или увеличивать угол наклона резца.

При резании самовращающимся резцом дробление стружки более необходимо, чем при резании обычным резцом, так как из-за малой усадки образуется непрерывная стружка, которая попадает под заднюю поверхность резца и повреждает обработанную поверхность детали.

Дробление стружки можно осуществить радиальным биением режущей кромки. Однако при этом возникают вибрации и ухудшается качество обработанной поверхности. Стружка дробится при торцовом биении режущей кромки, если на торцовой поверхности нанесена радиальная канавка глубиной до 2 мм. Длина канавки должна быть больше ширины срезаемой стружки. Недостатками этого способа являются концентрация износа у краев канавки и остаточные следы канавки на обработанной поверхности детали и др.

## 5.4. Обработка резцами с минералокерамическими пластинами

Резцы с неперегачиваемыми минералокерамическими пластинами марки ЦМ-332, ВО-13 и ВШ-75 применяют для чистовой и получистовой обработки стали, чугуна, цветных металлов и их сплавов и неметаллических материалов. Минералокерамические пластинки обладают очень низкой теплопроводностью и склонны к образованию трещин при быстром нагревании и особенно при быстром охлаждении.

Крепление пластинок осуществляют механическими способами (аналогично креплению твердосплавных многогранных пластин). При этом вылет пластинок должен быть не более 1 мм. Пластинки обладают повышенной хрупкостью и разрушаются обычно при входе и выходе инструмента из зоны резания, поэтому отводить резец от детали нужно только при выключенной подаче. Вместе с тем пластинки при точении не окисляются, имеют меньшую склонность к схватыванию с обрабатываемым материалом, к наростообразованию, к усадке стружки, к повышению температуры при резании металла.

Резцы с пластинками из оксидно-карбидной минералокерамики марок ВЗ, ВОК-60, ВОК-63 и ВОК-71 при-

меняются для обработки напроход и подрезки торцов.

Крепление режущей пластинки 2 к державке резца (см. рис. 5.8, а) производят прихватом сверху с помощью дифференциального винта 4 с головкой под шестигранный или квадратный ключ. Режущая пластинка 2 прижимается к опорной подкладке 1 из твердого сплава, которая крепится к державке 5 резца винтом.

Пластинки из режущей керамики марок ВЗ, ВОК-60, ВОК-63 и ВОК-71 выпускают треугольной (рис. 5.12), квадратной (рис. 5.13), ромбической (рис. 5.14) и круглой (рис. 5.15) форм.

Режущие пластинки треугольной формы используют для предварительной чистовой обработки. Наиболее распространены пластинки квадратной формы, которые применяют для черновой (при отрицательном переднем угле и толщине пластины 8 мм) и чистовой (при толщине пластины 4 мм) обработки. Пластинки ромбической формы с углом 75 или 80° (см. рис. 5.14, а) используют для черновой обработки, с углом 55° — для токарной обработки по копиру, продольного точения и подрезания торцов. Пластинки круглой формы чаще применяют при обработке гладких поверхностей без уступов. При обработке резцами, оснащенными минералокерамикой, особое внимание следует обращать на стружколомание и удаление стружки из зоны резания. Это обеспечивается регулированием вылета накладного

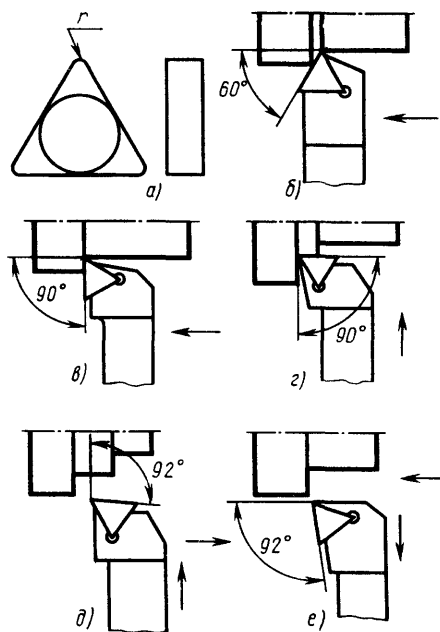


Рис. 5.12. Минералокерамическая пластинка треугольной формы (а) и резцы с ее применением (б, в, г, д, е)

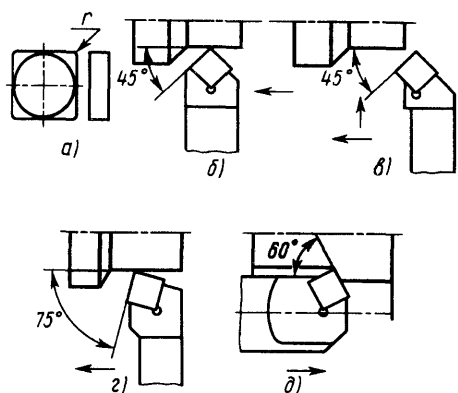


Рис. 5.13. Минералокерамическая пластинка квадратной формы (а) и резцы с ее применением (б, в, г, д)

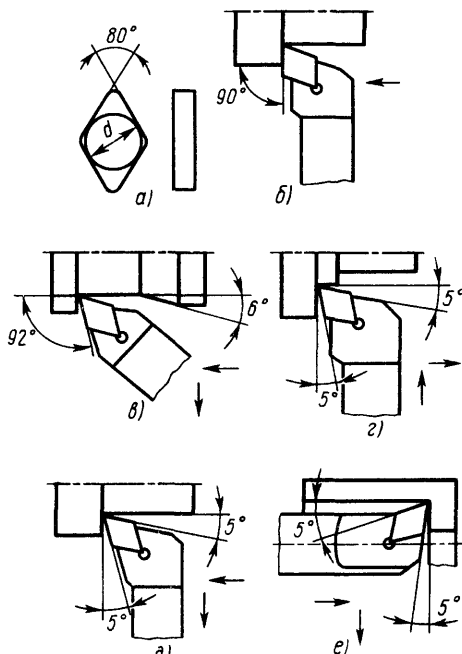


Рис. 5.14. Минералокерамическая пластинка ромбической формы (а) и резцы с ее применением (б, в, г, д, е)



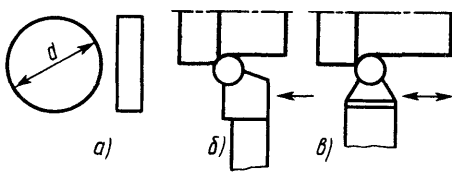


Рис. 5.15. Минералокерамическая пластинка круглой формы (а) и резы с ее применением (б и б<sub>1</sub>)

стружколома под углом 30—35° относительно режущей кромки.

Для повышения надежности и стабильности режущих свойств резцов, оснащенных пластинками из режущей керамики, необходимо следить за безззорным прилеганием их к державкам и за тем, чтобы режущие кромки и опорные поверхности режущих пластинок были доведенными. Наибольшая вероятность скалывания пластинок из минералокерамики при обработке серых и закаленных деталей из стали и чугуна по корке и раковинам с включениями.

### 5.5. Обработка резцами со вставками из эльбора и поликристаллических сверхтвердых материалов

Резцы из эльбора-Р и сверхтвердых материалов (СТМ) применяют для повышения производительности и улучшения качества обработки деталей из высокопрочных и закаленных сталей, чугуна, твердых сплавов и т. п.

Резец (рис. 5.16) состоит из державки 1 и вставки 2 из СТМ со следующими геометрическими параметрами: главный передний угол  $\gamma = -5 \div -10^\circ$ ; задние углы главный и вспомогательный  $\alpha = \alpha_1 = 10 \div 20^\circ$ ; главный угол в плане  $\varphi = 30 \div 45^\circ$ ; вспомогательный угол в плане  $\varphi_1 = 15^\circ$ ; угол наклона главной режущей кромки  $\lambda = 0^\circ$ ; радиус скругления при вершине  $r = 0,1 \div 0,6$  мм. В некоторых случаях радиус скругления заменяют дополнительной режущей кромкой длиной 0,3—0,8 мм при вершине резца, расположенной параллельно обрабатываемой поверхности. Рабочие поверхности резца после заточки должны быть доведены. Обязательным условием эффективного использования инструмента из эльбора-Р и СТМ является его переточка на специализированном оборудовании.

### 5.6. Режимы резания при точении

Глубину резания определяют в основном припуском на обработку, который выгодно удалять за один рабочий ход. Для уменьшения влияния сил резания иногда разделяют припуск на несколько рабочих ходов: 60% — при черновой обработке, 20—30% — при получистовой и 10—20% — при чистовой обработке. Глубина резания  $t$  для черновой обработки равна 3—5 мм; для получистовой — 2—3 мм и чистовой — 0,5—1,0 мм.

Подача ограничивается силами, действующими в процессе резания, которые могут привести к поломке режущего

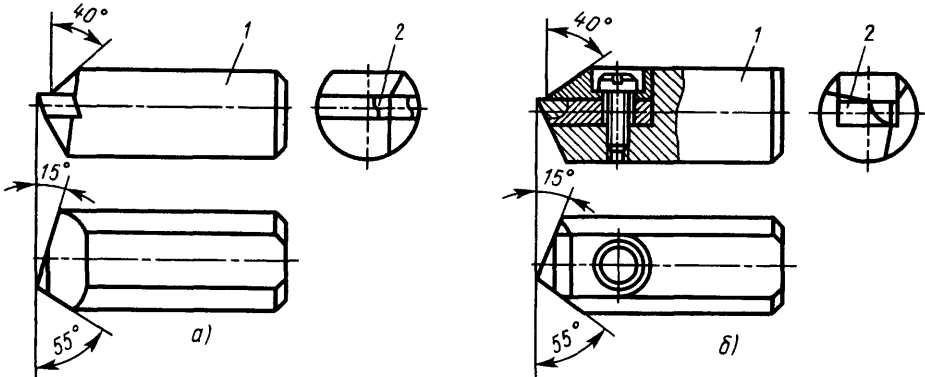


Рис. 5.16. Конструкция резца с вставкой из СТМ, впаянной (а) и механически закрепленной (б):

1 — державка, 2 — вставка из СТМ

инструмента и станка. Целесообразно работать с максимально возможной подачей. Обычно подачу назначают по таблицам справочников, составленным на основе специальных исследований и изучения опыта работы машиностроительных заводов. После выбора подачи из справочников ее корректируют по кинематическим данным станка, на котором ведут обработку. При этом выбирают ближайшую меньшую подачу. Для черновой обработки подача  $S=0,3 \div 1,5$  мм/об, для чистой —  $0,1-0,4$  мм/об.

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

Скорость резания зависит от конкретных условий обработки, которые влияют на стойкость (время работы от переточки до переточки) инструмента. Чем больше скорость резания при работе инструмента при одной и той же стойкости, тем выше его режущие свойства, тем более он производительен.

На допускаемую скорость резания влияют следующие факторы: стойкость инструмента, физико-механические свойства обрабатываемого материала, подача и глубина резания, геометрические элементы режущей части инструмента, размеры сечения державки резца, смазочно-охлаждающая жидкость (СОЖ), допустимый износ инструмента, температура в зоне резания.

Если стойкость резцов из быстрорежущей стали уменьшается с увеличением скорости резания, то стойкость резцов, оснащенных пластинками из твердых сплавов, в меньшей степени зависит от скорости резания и содержания в обрабатываемой стали легирующих элементов: хрома, вольфрама, марганца, кремния и др. С большей скоростью резания обрабатывают автоматные стали, цветные и легкие сплавы. Например, скорость резания алюминия в 5—6 раз больше, чем скорость обработки углеродистой конструкционной стали.

Увеличение подачи и глубины резания вызывает интенсивное изнашивание резца,

что ограничивает скорость резания. Для достижения большей производительности резания выгоднее работать с большими сечениями среза за счет уменьшения скорости резания. Например, при увеличении подачи в 2 раза (с 0,3 до 0,6 мм/об) скорость резания необходимо уменьшить на 20—25 %, а при увеличении в 2 раза глубины резания скорость резания следует уменьшить на 10—15 %. На практике скорость резания увеличивают после того, как достигнуты предельные значения глубины резания и подачи.

Необходимая скорость резания и соответствующая ей стойкость инструмента определяются геометрией режущей части резца, свойствами инструментального материала, обрабатываемостью заготовки и другими факторами. Например, увеличение площади сечения державки резцов из быстрорежущих сталей позволяет повысить скорость резания материала, так как улучшается теплоотвод и повышается жесткость резца; для твердосплавных резцов влияние сечения державки незначительно.

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

Ориентировочные значения скорости резания для инструмента из быстрорежущей стали и твердосплавного инструмента при наружном точении по стали и чугуну приведены в табл. 5.2.

Ориентировочные значения параметров режима резания для инструмента, оснащенного минералокерамикой, в зависимости от обрабатываемого материала приведены в табл. 5.3.

Ориентировочные значения параметров режима резания для инструмента на основе эльбора-Р в зависимости от обрабатываемого материала и вида обработки приведены в табл. 5.4.

Чистовая обработка может осуществляться при малой подаче обычными

### 5.2. Скорости резания для наружного точения

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

резцами и широкими резцами при большой подаче. Последний способ применяют в основном при жесткой конструкции станка и заготовки, так как при точении возникают значительные силы в зоне резания. Длина главной режущей кромки резца должна быть не менее удвоенной подачи.

При обработке конструкционной стали  $v = 150 \div 300$  м/мин,  $S = 4 \div 6$  мм/об,  $t = 0,1 \div 0,3$  мм, а при обработке чугуна  $v = 50 \div 60$  м/мин,  $S = 5 \div 8$  мм/об и  $t = 0,2 \div 1,0$  мм.

Достижимая шероховатость поверхности соответствует по  $Ra$  2,5—0,63 мкм. Качество поверхности во многом зависит от доводки и параллельности установки лезвия резца направлению его перемещения.

При чистовой обработке стали и чугуна твердосплавными проходными резцами ( $\varphi = 45^\circ$ )  $S = 0,3 \div 0,65$  мм/об.

**Тонкое точение.** Станки, применяемые для тонкого точения, должны отличаться высокой точностью и жесткостью, а обрабатываемые заготовки должны иметь равномерный припуск не более 0,2—0,5 мм на диаметр. Этот припуск распределяют на черновой и чистовой рабочие ходы.

При обработке твердосплавными резцами режимы точения расходятся в пределах: для стали —  $v = 150 \div 300$  м/мин;  $S = 0,06 \div 0,12$  мм/об; чугуна —  $v = 100 \div 200$  м/мин;  $S = 0,06 \div 0,12$  мм/об; цветных сплавов —  $v = 200 \div 600$  м/мин,  $S = 0,04 \div 0,1$  мм/об. Режущие кромки твердосплавных резцов ( $\varphi = 45^\circ$ ,  $r = 0,5 \div 1,0$  мм,  $\gamma =$  от  $+10^\circ$  до  $-10^\circ$ ,  $\alpha =$

### 5.3. Режимы резания для резцов с минералокерамикой

Обрабатываемый материал	Параметры режима резания		
	$v$ , м/мин	$S$ , мм/об	$t$ , мм
Серый чугун (HB 170—240)	150—600	0,1—0,6	0,1—4,0
Отбеленный чугун (HRC 54—60)	50—150	0,1—0,35	0,3—2,0
Ковкий чугун (HB 163—269)	200—850	0,15—0,4	0,1—2,0
Закаленные стали с твердостью HRC 49—63	70—200	0,08—0,3	0,1—0,5
HRC 32—45	150—300	0,1—0,35	0,1—1,5
Конструкционные и низкоуглеродистые стали ( $\sigma_v = 500$ МПа)	250—500	0,2—0,5	0,5—5,0
Медь и ее сплавы	400—700	0,2—0,5	2,0—5,0

### 5.4. Режимы резания для резцов на основе эльбора-Р

Обрабатываемый материал	Вид обработки	Параметры режима резания		
		$v$ , м/мин	$S$ , мм/об	$t$ , мм
Сталь закаленная (HRC 55—67)	Чистовая обработка	80—160	0,04—0,08	0,2—0,6
Сталь закаленная (HRC 40—60)	Получистовая	80—120	0,04—0,10	0,5—1,0
	чистовая	80—120	0,04—0,10	0,5—1,0
	чистовая тонкая	80—120	0,02—0,06	0,1—0,3
	Получерновая	60—80	0,20—0,40	3,0—4,0
	получистовая	80—120	0,12—0,20	2,0—3,0
	чистовая	120—200	0,04—0,10	0,5—2,0
Сталь нетермообработанная	чистовая тонкая	200—300	0,02—0,06	0,1—0,5
	Чистовая	300—500	0,02—0,04	0,05
Чугун	Чистовая	300—500	0,02—0,04	0,05

$\pm 15^\circ \div 5^\circ$ ) должны быть тщательно доведены.

При работе резцом на основе эльбора-Р целесообразно периодически заправлять его вершину алмазным бруском непосредственно на станке без съема резца. Допустимое значение износа по задней грани находится в пределах  $0,2—0,5$  мм в зависимости от требований к шероховатости обрабатываемой поверхности, размерной точности детали, целесообразности переточки резца и т. д.

Особое внимание следует обращать на надежное закрепление обрабатываемой детали, державки резца, вставки в державке (на минимальный вылет переходной вставки в державке, определяемый особенностями схода стружки) и свободный сход стружки. Шероховатость поверхности заготовки перед обработкой ее резцами на основе АСПК не должна превышать  $Ra=5,0 \div 10,0$  мкм, в противном случае на вершине резца могут появиться трещины, сколы и выкрашивания.

Обработку деталей резцами из эльбора ведут в основном без смазочно-охлаждающей жидкости. Охлаждение применяют лишь в тех случаях, когда требуется уменьшить влияние удлинения резца от нагревания.

Алмазными резцами обрабатывают в основном заготовки из цветных сплавов, но при достаточно точной и жесткой конструкции станка производят обработку стали, так как алмазы чувствительны к ударным нагрузкам. При алмазном точении  $v=300 \div 600$  м/мин,  $S=0,02 \div 0,1$  мм/об,  $t=0,03 \div 0,3$  мм. Достижимая точность алмазной обточки соответствует 5—7 квалитетам, шероховатость поверхности по  $Ra$  равна  $0,16—0,063$  мкм.

## 5.7. Обработка фрезерованием

Фрезерование вместо точения применяют при обработке заготовок с прерывистой наружной поверхностью, имеющей пазы или срезы, повышенном расходе резцов, для получения прерывистой стружки вместо непрерывной сливной, повышения производительности обработки и др.

Устройство для фрезерования на токарном станке (рис. 5.17) устанавливают на поперечном суппорте 1 станка, так что-

бы ось фрезерного шпинделя 3 была перпендикулярна продольному перемещению суппорта 12. Шпиндель 3 смонтирован в корпусе 2 на подшипниках 4, 6 и 8; вращение его осуществляется от электродвигателя 5 через ременную передачу 7. Для повышения жесткости суппорта 12 на нем смонтирована каретка 13, которая связана со станиной 15 станка через скалку 10, закрепленную на станине кронштейнами 9, и ролики 11, установленные на осях 14. При продольном перемещении суппорта 12 ролики 11 свободно перекатываются по скалке 10.

При черновом фрезеровании применяют торцовые фрезы с неперетачиваемыми и напаянными пластинками из твердого сплава ВК8 для чугуна, Т5К10 для стали и ВК6М и ВК3М для алюминиевых сплавов; при полустивом фрезеровании — ВК4 и ВК6 для чугуна, Т15К6 и Т14К8 для стали, ВК6М и ВК3М для алюминиевых сплавов.

При выборе режимов резания назначают подачу на зуб  $S_z$  и глубину резания  $t$  (рис. 5.18), максимально допускаемые жесткостью системы станок — приспособление — инструмент — деталь. Следует учитывать также, что с увеличением диаметра фрезы возрастают силы, отжимающие фрезу от заготовки, и повышается склонность к вибрациям. Осевая подача  $S_0$  должна быть на  $1—1,5$  мм меньше длины вспомогательной режущей кромки. При этом следует стремиться к максимальной осевой подаче, регулируя потребляемую приводом мощность путем изменения частоты вращения фрезы.

При черновом фрезеровании применяют торцовые фрезы с неперетачиваемыми или напаянными пластинками из твердого сплава диаметром от 100 до 160 мм. При глубине резания  $t=2 \div 8$  мм в зависимости от жесткости системы станок — приспособление — инструмент — деталь и мощности привода выбирают  $S_z=0,15 \div 0,4$  мм/зуб,  $v=120 \div 240$  м/мин (для чугуна и стали) и  $S_z=0,2 \div 0,5$  мм/зуб,  $v=350 \div 450$  м/мин (для алюминиевых сплавов), а при стивом фрезеровании ( $t \leq 0,5$  мм)  $S_z=0,04 \div 0,05$  мм/зуб (для чугуна и стали) и  $S_z=0,06 \div 0,08$  мм/зуб (для алюминиевых сплавов); скорость резания увеличивают в  $1,3—1,8$  раза.

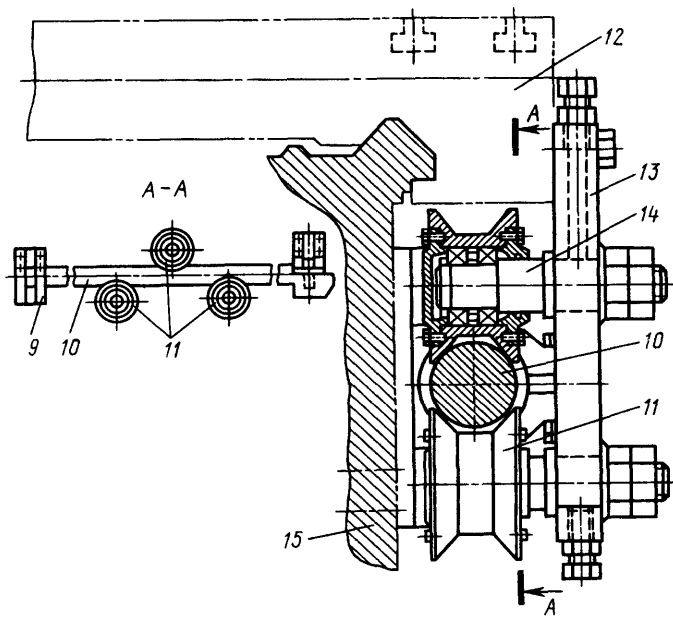
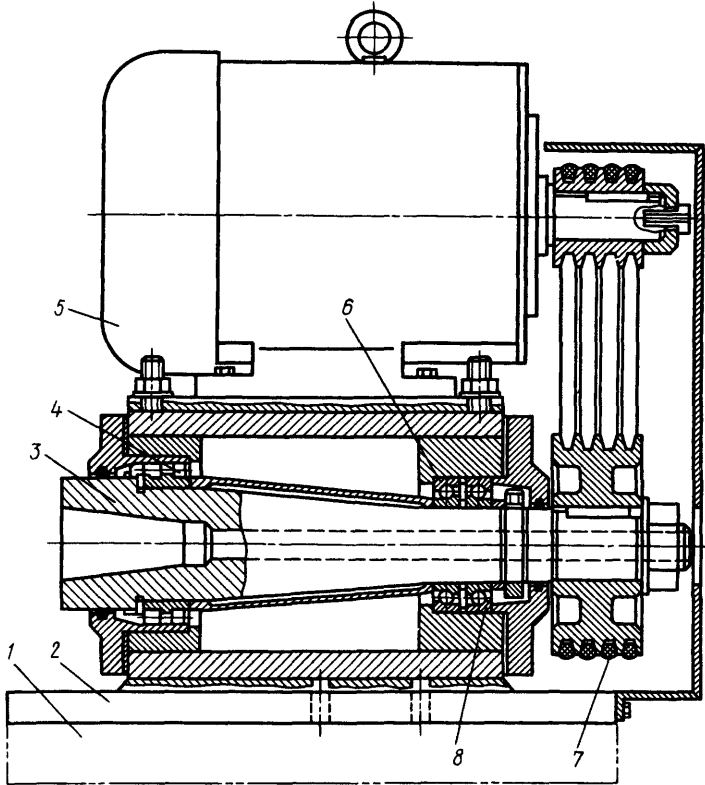


Рис. 5.17. Устройство для фрезерования на токарном станке

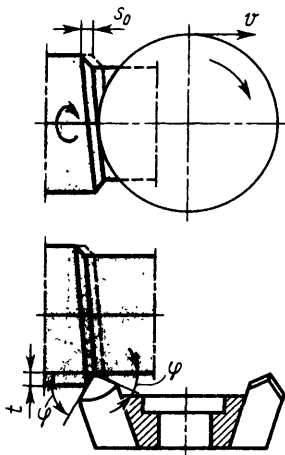


Рис. 5.18. Схема фрезерования

### 5.8. Контроль деталей

Наиболее распространенным инструментом для измерения размеров деталей после черновой и получистовой обработки является штангенциркуль типа ЩЦ-1 (рис. 5.19). Губки *C* и *D* предназначены для измерения наружных, а губки *A* и *B* — внутренних поверхностей, с помощью ножки *4* измеряют уступы и углубления.

Размер с погрешностью до 1 мм отсчитывают по линейке *3*, а с погрешностью до 0,1 мм — по нониусу на каретке *2*. После замера губки фиксируют винтом *1*.

В условиях серийного производства детали измеряют предельными скобами

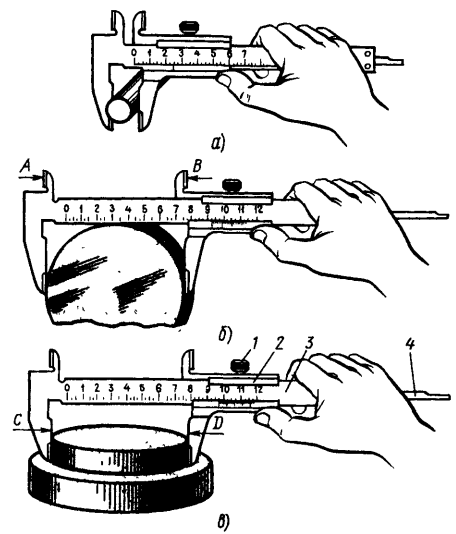


Рис. 5.19. Измерения штангенциркулем: *a* — правильное измерение небольшого диаметра, *б* — неправильное, *в* — правильное измерение большого диаметра

(рис. 5.20). Особенностью скоб различных конструкций является то, что с их помощью оценивают два размера, один из которых соответствует большему отклонению размера детали и обозначается ПР (проходной), а другой — меньшему и обозначается НЕ (непроходной). В регулируемых скобах нужные пределы (НЕ и ПР) размеров настраивают перемещением подвижных измерительных головок *4* и *5* относительно поверхности *б*, которые фиксируют винтами *1*, *2* и *3*.

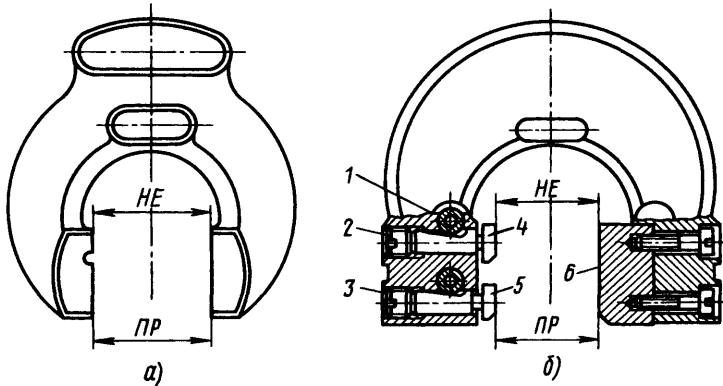


Рис. 5.20. Передаточные скобы: *a* — нерегулируемая, *б* — регулируемая

1. Какие резцы применяют для обработки наружных поверхностей?
2. Как влияют разные значения элементов (углов) резцов на процесс обработки наружных цилиндрических поверхностей?
3. В чем заключаются особенности приме-

нения слобных резцов и чистой обработки наружных поверхностей?

4. Назовите условия применения различных схем установки самовращающихся резцов.

5. Расскажите об условиях применения резцов с пластинками из оксидно-карбидной минералокерамики, со вставками из эльбора и поликристаллических алмазов.

## 6. Обработка канавок и торцовых поверхностей

### 6.1. Резцы для обработки торцов и уступов

Торцы и уступы обрабатывают подрезным, проходным, отогнутым или проходным упорным резцами. Подрезной торцовый резец (рис. 6.1, а) предназначен

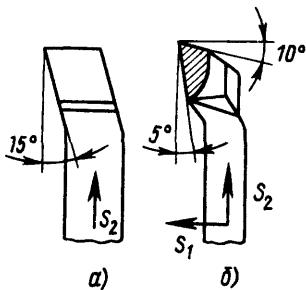


Рис. 6.1. Подрезные резцы:

а — для обработки наружных торцов, б — для работы с продольной и поперечной подачами

для обработки наружных торцовых поверхностей. При подрезании торца подача резца осуществляется перпендикулярно оси обрабатываемой детали. Подрезной торцовый резец (рис. 6.1, б) позволяет

обрабатывать различные торцы и другие поверхности с продольной и поперечной подачами. Подрезные резцы изготавливают с пластинками из быстрорежущих сталей и твердых сплавов. Главный задний угол  $\alpha = 10 \div 15^\circ$ , передний угол  $\gamma$  выбирают в зависимости от обрабатываемого материала.

Проходным отогнутым резцом (рис. 6.2) можно выполнять подрезку торца при поперечной подаче  $S_2$  и обтачивание при продольной подаче  $S_1$  резца. Проходным упорным резцом (рис. 6.3) можно подрезать торцы и обтачивать уступы при продольной подаче  $S_1$ . Резцы для подрезания торцов должны устанавливаться точно по оси детали, иначе на торце ее остается выступ. При большом диаметре торцовой поверхности припуск снимают с поперечной подачей  $S_2$  за несколько рабочих ходов. Уступы более 2—3 мм подрезают проходными резцами в несколько приемов. Сначала образуется уступ при продольной подаче  $S_1$ , а затем он подрезается при поперечной подаче  $S_2$  (рис. 6.4).

При подрезании торцов и уступов поперечную и продольную подачи определяют так же, как и при обтачивании ци-

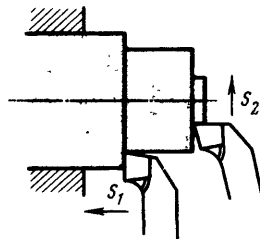
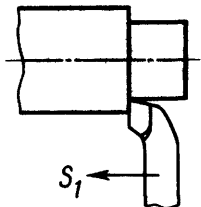
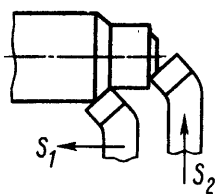


Рис. 6.2. Обработка проходным отогнутым резцом

Рис. 6.3. Обработка проходным упорным резцом

Рис. 6.4. Обработка проходными упорными резцами

цилиндрических поверхностей. Поперечная подача обычно меньше продольной. Для черновой обработки торцов поперечная подача равна  $0,3—0,7 \text{ мм/об}$  при  $t=2 \div 5 \text{ мм}$ , для чистовой обработки —  $0,1—0,3 \text{ мм/об}$  при  $t=0,7 \div 1 \text{ мм}$ .

Скорость резания для этого вида обработки обычно на 20 % выше, чем для обработки цилиндрических поверхностей, так как время участия резца в процессе резания незначительно и он не успевает нагреться до критической температуры.

## 6.2. Прорезание канавок и отрезание заготовок

Узкие канавки обрабатывают прорезными резцами. Форма режущей кромки резца соответствует форме вытачиваемой канавки. Прорезные резцы (рис. 6.5, *a—г*) бывают прямыми и отогнутыми, которые в свою очередь делят на правые и левые. Чаще применяют прорезные резцы правые прямые и левые отогнутые. Жесткость детали не всегда позволяет прорезать канавки заданной ширины за один рабочий ход резца. Если необходимо проточить в нежесткой детали широкую канавку ( $>5 \text{ мм}$ ), то выполняют несколько рабочих ходов с поперечной подачей (рис. 6.6). На торцах и по диаметру канавки оставляют припуск ( $0,5—1,0 \text{ мм}$ ) для чистовой обработки. Окончательную обработку выполняют этим же резцом или канавочным резцом с режущей кромкой, равной заданному размеру канавки.

Заготовки и детали отрезают отрезными резцами (рис. 6.7, *a—г*). Ширина режущей кромки отрезного резца зависит от диаметра отрезаемой заготовки и принимается равной 3, 4, 5, 6, 8 и 10 мм. Длина  $L$  головки отрезного резца делается несколько больше половины диаметра  $D$  прутка, от которого отрезают заготовку ( $L > 0,5D$ ).

Отрезные резцы изготовляют цельными, а также с пластинками из быстрорежущей стали или твердого сплава. Для уменьшения трения между резцом и разрезаемым материалом головка резца сужается к стержню под углом  $1—2^\circ$  (с каждой стороны резца), угол  $\lambda=0$ , задний угол  $\alpha=12^\circ$ . В отрезных резцах вспомогательный угол в плане должен

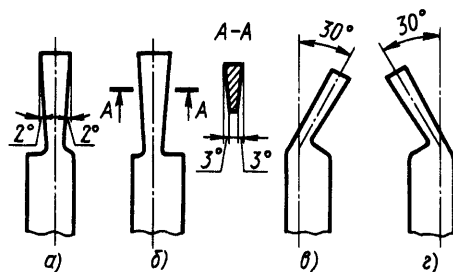


Рис. 6.5. Прорезные резцы:

*a* — прямой левый, *б* — прямой правый, *в* — отогнутый левый, *г* — отогнутый правый

быть меньше вспомогательного заднего угла. Неправильное соотношение этих углов может привести к повышенному трению задней вспомогательной поверхности резца об обработанную поверхность дета-

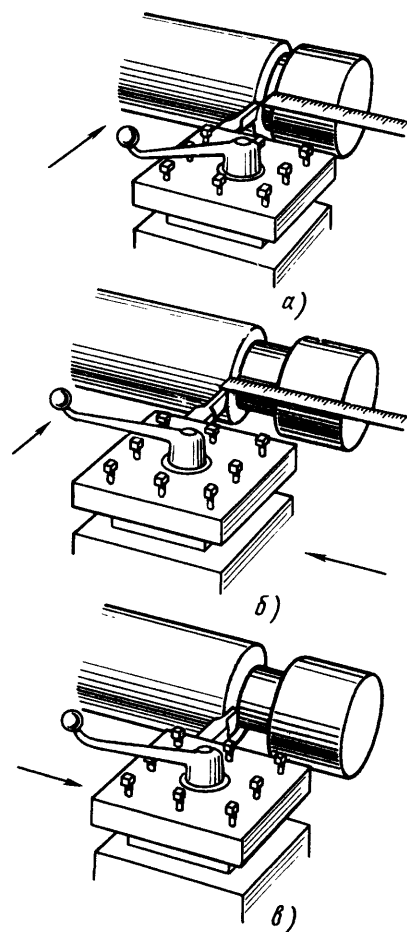


Рис. 6.6. Последовательное (*a, б, в*) прорезание широкой канавки узким резцом



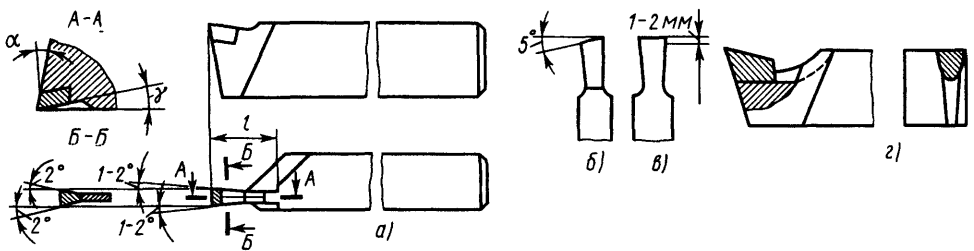


Рис. 6.7. Отрезные резцы различной конструкции:

*а* и *г* — для уменьшения трения между резцом и разрезаемым материалом, *б* — для получения ровного торца у отрезаемой детали, *в* — для уменьшения шероховатости поверхности, полученной после отрезки

ли и, следовательно, к интенсивному изнашиванию или поломке инструмента.

Канавочный и отрезной резцы следует устанавливать под прямым углом к оси обрабатываемой заготовки (рис. 6.8, *а*—*в*). Установка режущей кромки резца даже на 0,1—0,2 мм выше оси обрабатываемой заготовки может привести к его поломке, а при установке режущей кромки резца ниже оси заготовки на торце детали остается необработанный выступ. Расстояние *а* от торца приспособления для закрепления прутка до обработанного торца после отрезки должно быть минимальным и не превышать диаметра отрезаемого прутка (рис. 6.8, *а*). При отрезке хрупкого

материала заготовка отламывается раньше, чем резец подойдет к центру заготовки, в результате чего на торце заготовки остается выступ (бобышка). Для получения ровного торца режущую кромку резца выполняют под углом 5—10° (рис. 6.8, *б*). После отрезки детали поперечная подача не выключается и производится срезание бобышки на заготовке. Можно отрезать деталь изогнутым отрезным резцом (рис. 6.8, *в*), при этом шпиндель должен вращаться по часовой стрелке. Для уменьшения шероховатости поверхности, полученной после отрезки, на задних вспомогательных поверхностях резца делают фаски шириной 1—2 мм. Поперечная подача при прорезании канавок на стальных деталях диаметром до 100 мм равна 0,05—0,3 мм/об.

Скорость резания канавок и отрезки заготовок определяют по исходному их диаметру в пределах 25—30 м/мин (для резцов из быстрорежущих сталей) и 125—150 м/мин (для твердосплавных резцов).

### 6.3. Фрезерование пазов

Обработку пазов выполняют дисковыми и концевыми фрезами. Дисковыми фрезами могут обрабатываться гнезда в валах под сегментные шпонки (рис. 6.9) и прямоугольные сквозные пазы на выход. При фрезеровании гнезда под сегментные шпонки инструменту сообщается направление подачи только к центру вала, а при фрезеровании паза на выход при достижении требуемой глубины фрезе сообщается поступательное перемещение вдоль вала — продольная подача.

Гнезда под врезные призматические шпонки фрезеруют двухзубыми шпоноч-

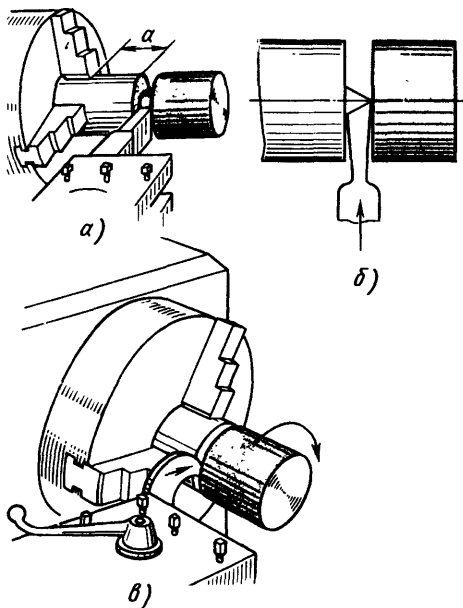


Рис. 6.8. Способы (*а*, *б*, *в*) отрезки заготовок

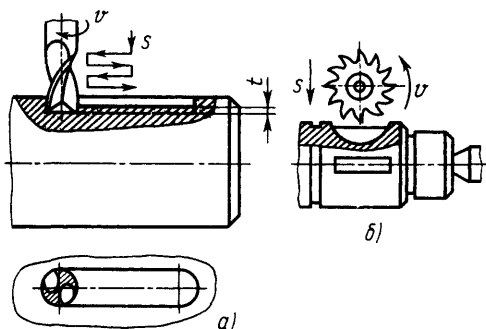


Рис. 6.9. Фрезерование шпоночных пазов:

*а* — шпоночной фрезой с маятниковой подачей, *б* — дисковой фрезой с вертикальной или поперечной подачей

ными фрезами. В этом случае фрезеруемый вал неподвижен, а фреза кроме вращательного совершает также возвратно-поступательное движение вдоль оси детали. Фрезерование гнезда выполняется за несколько проходов.

Длина перемещения фрезы принимается равной длине шпоночной канавки за вычетом диаметра фрезы. Требуемый размер по ширине канавки может быть обеспечен мерной (в поле допуска по диаметру) фрезой. Однако при первой же переточке размер фрезы по диаметру изменится. Поэтому выбирается фреза, диаметр которой меньше ширины шпоночного паза, и производится обработка сначала одной стороны паза, затем фреза перемещается на размер паза и обрабатывается его противоположная сторона.

#### 6.4. Контроль наружных уступов, торцов и канавок

Глубину канавок на наружной поверхности детали измеряют линейкой (рис. 6.10, *а*), штангенциркулем (рис. 6.10, *б*), штангенглубиномером (рис. 6.10, *в*) и уступомером (рис. 6.10, *г*).

Ширину обработанного участка до уступа измеряют линейкой в том случае, если не требуется большой точности изме-

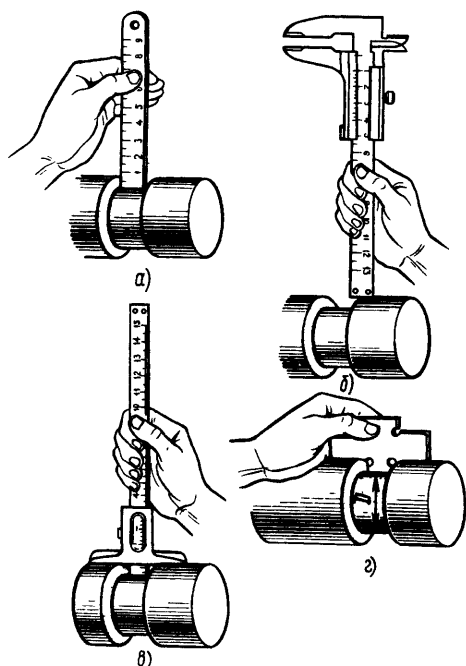


Рис. 6.10. Измерение глубины канавки линейкой (*а*), штангенциркулем (*б*), штангенглубиномером (*в*) и уступомером (*г*)

рения. При более высоких требованиях к точности измерения лучше пользоваться штангенциркулем, а при серийном производстве деталей — шаблоном уступомером. Проходная сторона шаблона (ПР) при измерении должна упираться в обработанную цилиндрическую поверхность детали, а непроходная сторона шаблона (НЕ) — в наружную цилиндрическую поверхность детали.

#### Контрольные вопросы

1. Назовите резцы и режимы, применяемые при обработке торцов и уступов.
2. Расскажите способы протачивания канавок и отрезки заготовок.
3. Какие резцы и режимы резания применяют при отрезных работах?
4. Как измеряют уступы и канавки?

# 7. Обработка отверстий

## 7.1. Сверление и рассверливание

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

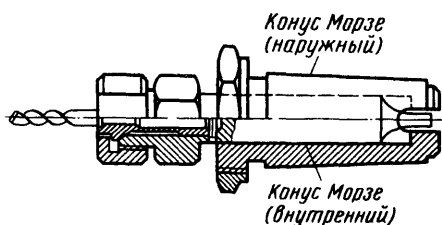


Рис. 7.1 Переходная втулка

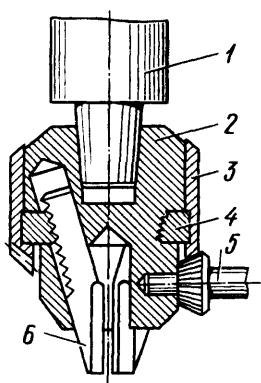


Рис. 7.2. Сверлильный кулачковый патрон

Для обработки штучных заготовок устанавливают трехкулачковый патрон и производят расточку сырых кулачков, а для обработки деталей из прутка зажимную цангу и соответствующие размеру прутка вкладыши, подающую цангу и направляющую втулку. Сверла с коническими хвостовиками устанавливают непосредственно в конусное отверстие пиноли задней бабки. Если размеры конусов не совпадают, то сверла устанавливают посредством переходных втулок (рис. 7.1).

Для крепления сверл с цилиндрическими хвостовиками (диаметром до 16 мм) применяют сверлильные кулачковые патроны (рис. 7.2), которые устанавливают в пиноли задней бабки. Сверло крепится кулачками 6, которые могут сводиться и разводиться, перемещаясь в пазах корпуса 2. На концах кулачков выполнены рейки, которые находятся в зацеплении с резьбой, имеющейся на внутренней поверхности кольца 4. От ключа 5 приводится во вращение втулка 3 с кольцом 4, по резьбе которого кулачки 6 перемещаются вверх или вниз в радиальном направлении. Для установки в пиноли задней бабки патроны имеют конические хвостовики 1.

Перед сверлением отверстий заднюю бабку перемещают по станке на такое расстояние от обрабатываемой заготовки, чтобы сверление можно было производить на требуемую глубину при минимальном выдвигании пиноли из корпуса задней бабки. Сверление начинают при вращающейся заготовке. Сверло плавно (без удара) подводят вручную (вращением маховика задней бабки) к торцу заготовки и производят сверление на небольшую глубину. Затем отводят инструмент, устанавливают заготовку и проверяют точность центрирования отверстия. Чтобы сверло не сместилось, в начале сверления производят зацентровку заготовки коротким спиральным сверлом большого диаметра или специальным центровочным сверлом с углом при вершине 90°. При этом в начале сверления поперечная кромка сверла не работает, что уменьшает смещение сверла относительно оси вращения заготовки. Для замены сверла махо-

вик задней бабки поворачивают до тех пор, пока пиноль не займет в корпусе бабки крайнее правое положение, в результате чего сверло выталкивается винтом из пиноли. Затем в пиноль устанавливают нужное сверло. При сверлении отверстия, глубина которого больше его диаметра, сверло периодически выводят из отверстия и очищают его канавки и отверстие заготовки от накопившейся стружки.

Для уменьшения трения сверла о стенки отверстия подводят охлаждающую жидкость, особенно при обработке стальных и алюминиевых заготовок. Чугунные, латунные и бронзовые заготовки можно сверлить без охлаждения. Применение СОЖ позволяет повысить скорость резания в 1,4—1,5 раза. В качестве СОЖ рекомендуется применять раствор эмульсии (для сталей), компаундированные масла (для легированных сталей), раствор эмульсии и керосин (для чугуна и алюминиевых сплавов). Если на станке охлаждение не предусмотрено, то инструмент охлаждают смесью машинного масла с керосином. Применение СОЖ позволяет снизить осевую и тангенциальную силу резания при сверлении сталей на 10—35 %, чугуна и цветных сплавов на 10—18 %, алюминиевых сплавов на 30—40 %.

При сверлении напроход в момент выхода сверла из заготовки необходимо резко снизить подачу сверла. При выходе сверла из заготовки срезаемый слой металла неравномерно нагружают режущие кромки сверла, что может привести к поломке сверла. Поломка сверла происходит также из-за увеличения подачи и малой скорости резания, поэтому следует работать с возможно большими допустимыми скоростями резания и с возможно меньшими подачами.

Просверленное отверстие имеет минимальные погрешности, если ось сверла совпадает с осью вращения шпинделя станка, сверло правильно заточено и жестко закреплено. У правильно заточенного сверла работают обе режущие кромки и стружка сходит по двум спиральным канавкам.

Размеры отверстия при сверлении получаются больше заданных в следующих случаях: режущие кромки сверла имеют разную длину, хотя и заточены под одина-

ковыми углами; режущие кромки имеют разную длину и заточены под разными углами; режущие кромки имеют равную длину, но заточены под разными углами. При неправильно заточенном и затупленном сверле получается косое отверстие с низким качеством поверхности. Затупленные сверла служат причиной образования заусенцев у выходной части отверстия.

Неодинаковая длина режущих кромок и несимметричная их заточка, а также эксцентричное расположение перемычки и различная ширина ленточек при сверлении вызывают по мере углубления сверла в заготовку неравномерное действие на ленточку радиальных составляющих сил резания, увеличение сил трения, защемление сверла в отверстии и, следовательно, его поломку.

Если глубина отверстий превышает пять диаметров, то такие отверстия принято называть глубокими. При сверлении глубоких отверстий применяют длинные спиральные сверла с обычными геометрическими параметрами. При сверлении детали периодически выводят сверло из глубокого отверстия для охлаждения его и удаления накопившейся в канавках стружки. Для повышения производительности применяют сверла с принудительным отводом стружки, который осуществляется жидкостью (реже воздухом), подводимой в зону резания под давлением. С увеличением глубины сверления ухудшаются условия работы сверла, отвод теплоты, повышается трение стружки о стенки канавок сверла, затрудняется подвод СОЖ к режущим кромкам сверла и др. Поэтому при глубине сверления более трех диаметров отверстия скорость резания уменьшают.

Спиральные сверла изготавливают из сталей: углеродистой марки У12А, легированной марки 9ХС, быстрорежущей марки Р6М5, а также из твердых сплавов марок ВК6М, ВК8 и ВК15 и др.

Для сверл из быстрорежущей стали скорость резания  $v = 25 \div 35$  м/мин. Причем большие значения принимают при увеличении диаметра сверла и уменьшении подачи.

При ручной подаче сверла трудно обеспечить ее постоянное (стабильное) значение. Для стабилизации подачи ис-

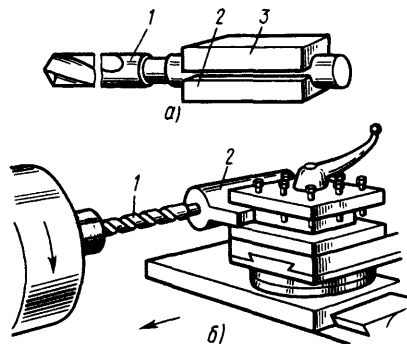


Рис. 7.3. Крепление в резцедержателе сверла с цилиндрическим (а) и коническим (б) хвостовиками

пользуют различные устройства. Механическую подачу сверла осуществляют суппортом токарного станка. В резцедержателе станка устанавливают сверло 1 (рис. 7.3, а) с помощью прокладок 2 и 3 так, чтобы ось сверла находилась на линии центров. Если сверло 1 с коническим хвостовиком (рис. 7.3, б), то применяют державку 2 с соответствующим коническим отверстием (гнездом). После выверки осей сверла и центров сверло подводят вручную к торцу заготовки и начинают сверление, а затем после зацентровки включают механическую подачу суппорта. Перед выходом сверла из заготовки механическую подачу значительно

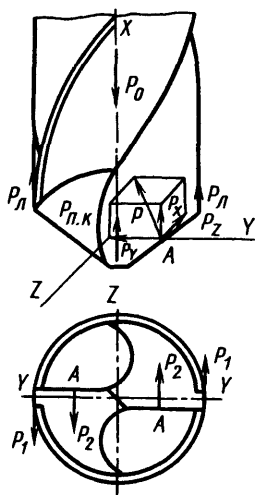


Рис. 7.4. Силы, действующие на сверло в процессе резания

уменьшают или отключают и заканчивают сверление ручной подачей.

При сверлении отверстий диаметром 5—30 мм в стальных деталях автоматические подачи равны 0,1—0,3 мм/об, а в чугунных — 0,2—0,6 мм/об, что составляет примерно 0,02—0,03 диаметра сверла. Скорость резания при работе сверлами из быстрорежущей стали равна 30—35 м/мин и в 2—3 раза больше при работе твердосплавными сверлами.

Резание при сверлении по сравнению с точением имеет ряд отличительных особенностей. Спиральное сверло является многолезвийным инструментом и совершает работу резания пятью режущими кромками (двумя главными, двумя вспомогательными и поперечной). На каждую точку А на режущей кромке сверла (рис. 7.4) действует сила  $P$ , которая может быть разложена на составляющие силы  $P_x$ ,  $P_y$  и  $P_z$  по осям  $X$ ,  $Y$  и  $Z$ .

Силы  $P_y$  на режущих кромках направлены навстречу друг другу и при симметричной заточке равны по величине, причем действие их уравнивается и равно нулю. Осевая сила  $P_0$ , действующая вдоль сверла,  $P_0 = 2P_x + P_{пк} + 2P_{л}$ , где  $P_{пк}$  — сила, действующая на поперечную кромку сверла,  $P_{л}$  — сила трения ленточки сверла о стенки отверстия.

Основную работу сверления выполняют две режущие кромки, а поперечная кромка (угол резания ее более  $90^\circ$ ) под действием осевой силы резания  $P_0$  сминает металл с силой  $P_{пк} \approx 0,5P_0$ .

Для повышения эффективности работы спиральных сверл производят подточку поперечной кромки, изменение угла при вершине, подточку ленточки, двойную заточку и др.

Сверление сверлами повышенной жесткости (при большой глубине сверления) с утолщенной сердцевиной сопровождается большими осевыми усилиями. Для снижения осевых усилий применяют различные формы подточки поперечной режущей кромки (рис. 7.5, а—д). Следует стремиться к возможно большей симметрии заточки. Асимметричная заточка инструмента вызывает разбивку отверстия и ускоренное изнашивание режущих кромок. Подточка поперечной кромки увеличивает передний угол на участках вблизи

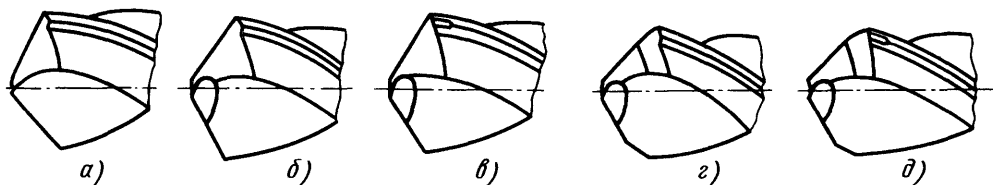


Рис. 7.5. Формы заточки режущей части сверла:

*a* — нормальная, *б* — нормальная с подточкой перемычки, *в* — нормальная с подточкой перемычки и ленточки, *г* — двойная с подточкой перемычки, *д* — двойная с подточкой перемычки и ленточки

поперечной кромки и уменьшает ее длину, а также снижает деформации металла заготовки и повышает стойкость сверла в 1,5—2 раза.

Стандартные сверла имеют угол при вершине  $118^\circ$ , однако для обработки более твердых материалов (и более глубоких отверстий) рекомендуется применять сверла с углом при вершине  $135^\circ$ . Увеличение угла при вершине приводит к образованию более толстых и узких стружек при той же подаче на оборот. Это облегчает сверление материалов, склонных упрочняться при обработке. Сверление мягких цветных металлов, пластмасс и мягкого чугуна осуществляют сверлами с углами при вершине  $60\text{--}90^\circ$ . Уменьшение угла при вершине приводит к образованию более тонких стружек и уменьшению абразивного изнашивания по уголкам.

При двойной заточке сверла образуется вторая режущая кромка шириной  $V=0,2D$  и углом  $2\varphi_0=70\div 75^\circ$ .

В зависимости от диаметра сверла ширина второй режущей кромки может составлять  $V=25\div 15$  мм. В некоторых случаях производят заточку режущей кромки по радиусу. Двойная (ступенчатая) или радиусная заточка повышает стойкость сверла при сверлении стали в 2—3 раза, а при сверлении чугуна — в 3—6 раз. Это объясняется тем, что при такой заточке режущие кромки сверла удлиняются и уголки у ленточек получаются более массивными, чем улучшается отвод теплоты.

Для уменьшения трения ленточки сверла около отверстия производят подточку ленточки на длине  $l=(2\div 3)S$ , где  $S$  — ширина ленточки ( $l=1,5\div 4$  мм). Подточка ленточки снижает трение сверла о стенки отверстия, повышает его стойкость и позволяет повысить скорость резания. Двойную заточку сверла с подточкой ленточки и перемычки применяют при сверлении заготовок с предварительно снятой коркой (сталь с  $\sigma_b > 500$  МПа).

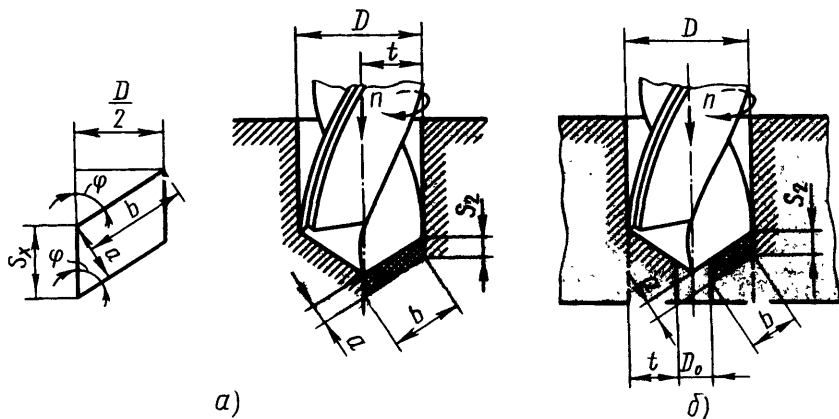


Рис. 7.6. Элементы резания при сверлении (*a*) и рассверливании (*б*) отверстия:  $n$  — частота вращения сверла, об/мин;  $S_2$  — подача, приходящаяся на одну режущую кромку, а и  $b$  — толщина и ширина срезаемого слоя,  $t$  — припуск на сторону,  $\varphi$  — половина угла при вершине сверла,  $D$  — диаметр основного отверстия,  $D_0$  — диаметр предварительно просверленного отверстия

При сверлении отверстий большого диаметра (свыше 25—30 мм) усилие подачи может оказаться чрезмерно большим. В таких случаях отверстие сверлят в несколько приемов, т. е. рассверливают его (рис. 7.6).

Сначала сверлят отверстие малого диаметра, при этом диаметр сверла должен быть больше поперечной кромки большего сверла, обычно диаметр меньшего сверла равен половине большего. Режимы резания при рассверливании обычно те же, что и при сверлении.

## 7.2. Зенкерование. Развертывание

**Зенкерование.** Зенкерованием обрабатывают отверстия, предварительно штампованные, литые или просверленные (рис. 7.7). Припуск под зенкерование (после сверления) равен 0,5—3 мм на сторону.

Зенкеры выбирают в зависимости от обрабатываемого материала, вида обрабатываемого отверстия (сквозное, ступенчатое, глухое), диаметра отверстия и заданной точности. Отверстие, обработанное зенкером, получается более точным, чем обработанное сверлом. Зенкер имеет три и более режущие кромки, он прочнее сверла, поэтому сечение стружки при зенкеровании получается тоньше, а подача в 2,5—3 раза больше, чем при сверлении.

Зенкерование может быть как предварительным (перед развертыванием), так и окончательным. Зенкерование применяют также для обработки углублений и торцовых поверхностей.

Для уменьшения увода зенкера от оси отверстия (особенно при обработке литых или штампованных глубоких отверстий)

предварительно растачивают (резцом) его до диаметра, равного диаметру зенкера на глубину, примерно равную половине длины рабочей части зенкера.

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

**Развертывание.** Развертывание применяют в тех случаях, когда необходимо получить точность и качество поверхности выше, чем это может быть достигнуто зенкером. Развертка имеет больше режущих кромок, чем зенкер, поэтому при развертывании уменьшается сечение стружки и повышается точность отверстия. Отверстия диаметром до 10 мм развертывают после сверления, отверстия большего диаметра перед развертыванием обрабатывают, а торец подрезают. Припуск под развертывание равен 0,15—0,5 мм для черновых разверток и 0,05—0,25 мм для чистовых разверток (рис. 7.7, б).

При работе чистовыми развертками на токарных станках применяют качающиеся оправки, которые компенсируют несопадение оси отверстия с осью развертки. Чтобы обеспечить высокое качество обработки, сверление, зенкерование (или растачивание) и развертывание отверстия производят за одну установку заготовки на станке.

Подача при развертывании стальных деталей равна 0,5—2 мм/об, чугуна — 1—4 мм/об. Скорость резания при развертывании 6—16 м/мин. Чем больше диаметр обрабатываемого отверстия, тем меньше должна быть скорость резания при одинаковой подаче; при увеличении подачи скорость резания снижают.

## 7.3. Растачивание

Растачивают отверстия на токарных станках, если диаметр отверстия по размеру нельзя обработать зенкером или сверлом на данном станке, а также если отверстие имеет неравномерный припуск или непрямолинейную образующую.

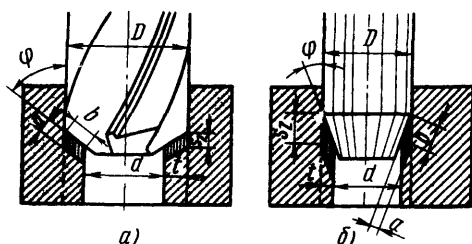


Рис. 7.7. Элементы резания при зенкеровании (а) и развертывании (б):

$a$  и  $b$  — толщина и ширина среза,  $S_z$  — подача,  $t$  — глубина резания

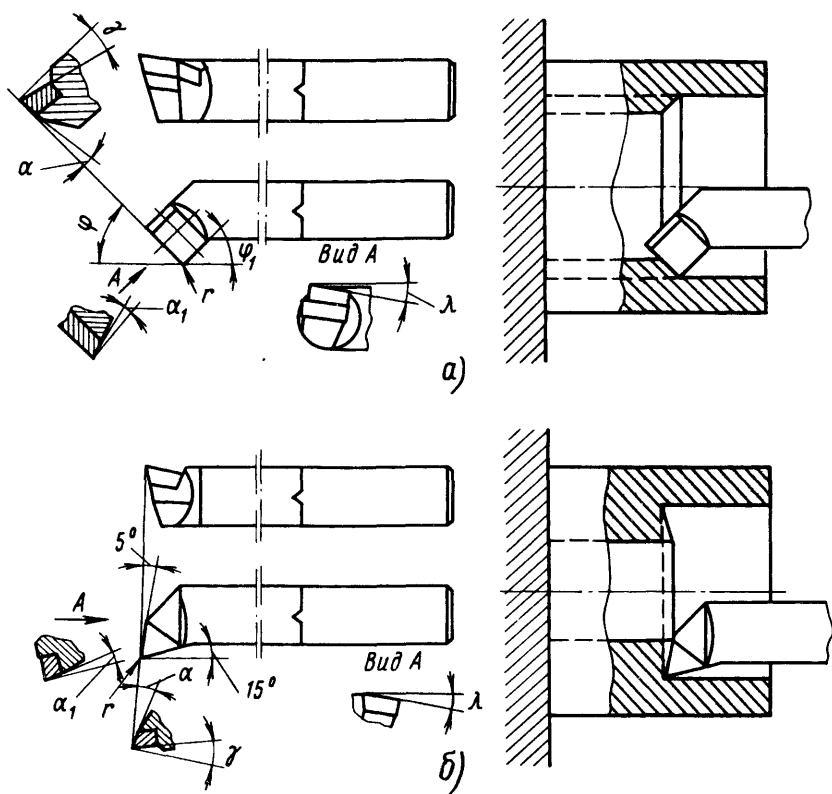


Рис. 7.8. Токарные расточные резцы, оснащенные пластинками из твердого сплава для обработки сквозных (а) и глубоких (б) отверстий

Токарные расточные резцы для обработки сквозных и глухих отверстий показаны на рис. 7.8. У токарных расточных стержневых резцов (рис. 7.9, а—г) консольная часть выполняется круглой, а стержень, служащий для его крепления, — квадратным (12×12, 16×16, 20×20, 25×25 мм). Для этих резцов наименьший диаметр растачиваемого отверстия равен 30—65 мм.

Для повышения виброустойчивости режущую кромку резцов выполняют по оси стержня (см. рис. 7.9, в и г) и крепят в специальных державках (рис. 7.10).

Форма передней поверхности и все углы у расточных резцов, за исключением заднего, такие же, как и у проходных для наружного точения. Задний угол  $\alpha \leq 12^\circ$  при растачивании отверстий диаметром более 50 мм и  $\alpha > 12^\circ$  при растачивании отверстий диаметром менее 50 мм. Значение углов резания у расточных резцов можно изменять установкой расточного

резца выше или ниже относительно продольной оси детали.

При установке резца выше линии продольной оси детали его вершина будет отжиматься под давлением стружки, причем размер отверстия будет меньше заданного, но его можно довести до нужного размера последующими рабочими ходами. Поэтому при чистовом растачивании режущую кромку резца следует устанавливать выше оси центров станка на 0,01—0,03 диаметра отверстия, при установке ниже центра резец тоже отжимается, но при этом возможно искажение формы отверстия и увеличение диаметра растачиваемого отверстия.

Расточный резец имеет меньшее сечение державки и больший вылет (чем резец для наружного точения), что вызывает отжим резца и способствует возникновению вибраций; поэтому при растачивании, как правило, снимают стружку меньшего сечения и снижают скорость резания.



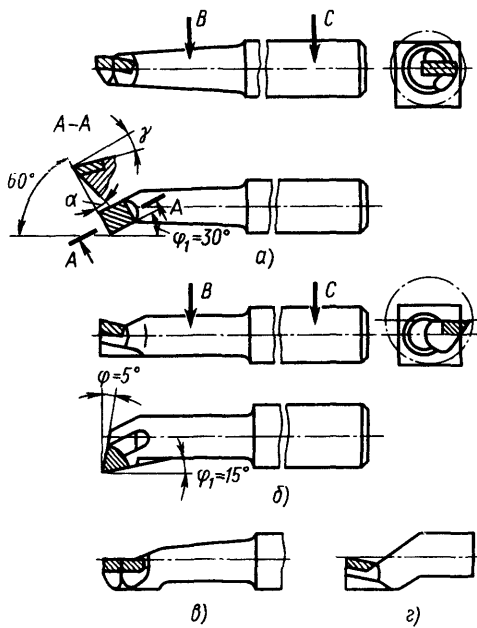


Рис. 7.9. Токарные расточные стержневые резцы:

*а* — для растачивания сквозных отверстий, *б* — для растачивания глухих (несквозных) отверстий, *в* и *г* — конструктивные варианты резцов

При черновом растачивании стали глубина резания достигает 3 мм; продольная подача 0,08—0,2 мм/об, а скорость реза-

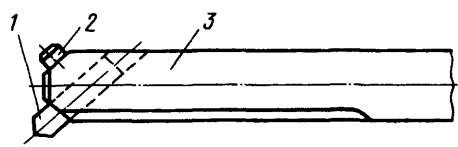


Рис. 7.10. Расточный резец, закрепляемый в державке:

1 — резец, 2 — винт крепления резца, 3 — державка

ния 25 м/мин для быстрорежущих резцов и 50—100 м/мин для твердосплавных резцов. При чистовом растачивании стали глубина резания не превышает 1 мм, продольная подача — 0,05—0,1 мм/об, а скорость резания — 40—80 м/мин для быстрорежущих резцов и 150—200 м/мин для твердосплавных резцов.

### Контрольные вопросы

1. Какие требования предъявляют к установке и заточке сверл?
2. Расскажите о способах повышения стойкости сверл и производительности сверления.
3. Когда применяют рассверливание, зенкование и развертывание отверстия?
4. Какие требования предъявляют к подготовке отверстий под растачивание?

## 8. Обработка конических поверхностей

### 8.1. Способы обработки

Коническая поверхность характеризуется следующими параметрами (рис. 8.1): меньшим  $d$  и большим  $D$  диаметрами и расстоянием  $l$  между плоскостями, в которых расположены окружности с диаметрами  $d$  и  $D$ .

Угол  $\alpha$  называют углом наклона конуса, а угол  $2\alpha$  — углом конуса. Отношение

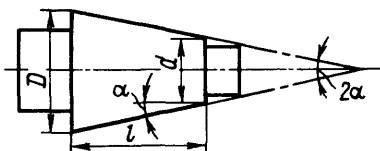


Рис. 8.1. Элементы конуса

$K=(D-d)/l$  называют конусностью и обычно обозначают отношением, например 1 : 20 или 1 : 50, а в некоторых случаях десятичной дробью, например 0,05 или 0,02. Отношение  $Y=(D-d)/2l=\text{tg } \alpha$  называют уклоном.

При обработке валов часто встречаются переходы между обрабатываемыми поверхностями, которые имеют коническую форму. Если длина конуса не превышает 50 мм, то его обрабатывают широким резцом (рис. 8.2). При этом режущая кромка резца должна быть установлена в плане относительно оси центров на угол, соответствующий углу наклона конуса на обрабатываемой детали. Резцу сообщают подачу в поперечном или продольном направлении. Чтобы уменьшить искажение

образующей конической поверхности и отклонение угла наклона конуса, режущую кромку резца устанавливают по оси вращения детали.

Следует учитывать, что при обработке конуса резцом с режущей кромкой длиной более 10—15 мм могут возникнуть вибрации. Уровень вибраций растет с увеличением длины обрабатываемой детали и с уменьшением ее диаметра, а также с уменьшением угла наклона конуса, с приближением расположения конуса к середине детали и с увеличением вылета резца и при недостаточно прочном его закреплении. При вибрациях появляются следы и ухудшается качество обработанной поверхности. При обработке широким резцом жестких деталей вибрации могут не возникать, но при этом возможно смещение резца под действием радиальной составляющей силы резания, что может привести к нарушению настройки резца на требуемый угол наклона. Смещение резца зависит также от режима обработки и направления подачи.

Конические поверхности с большими уклонами можно обрабатывать при повернутых верхних салазках суппорта с резцедержателем (рис. 8.3) на угол  $\alpha$ , равный углу наклона обрабатываемого конуса. Подача резца производится вручную (рукояткой верхних салазок), что является недостатком этого способа, так как неравномерность подачи приводит к увеличению шероховатости обработанной поверхности. По этому способу обрабатывают конические поверхности, длина которых соизмерима с длиной хода верхних салазок.

Конические поверхности большой длины с углом наклона  $\alpha = 8 \div 10^\circ$  можно обрабатывать при смещении заднего центра (рис. 8.4), величина которого  $h = L \sin \alpha$ . При малых углах  $\sin \alpha \approx \operatorname{tg} \alpha$ , а  $h = L(D-d)/2l$ . Если  $L=l$ , то  $h = (D-d)/2$ . Величину смещения задней бабки определяют по шкале, нанесенной на торце опорной плиты со стороны маховика, и риске на торце корпуса задней бабки. Цена деления на шкале 1 мм. При отсутствии шкалы на опорной плите величину смещения задней бабки отсчитывают по линейке, приставленной к опорной плите. Контроль величины смещения задней баб-

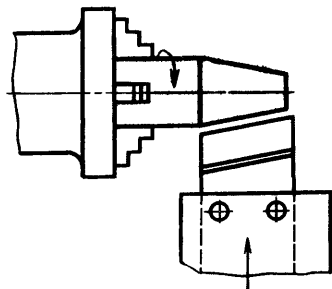


Рис. 8.2. Обработка конической поверхности широким резцом

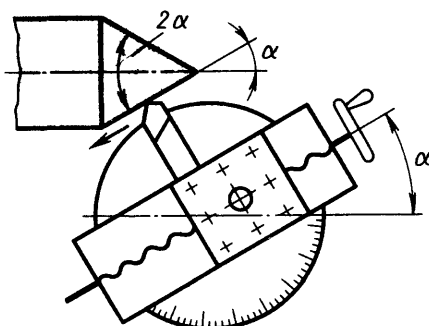


Рис. 8.3. Обработка конической поверхности при повернутых верхних салазках суппорта на угол  $\alpha$

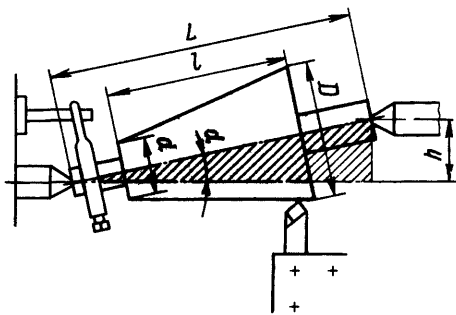


Рис. 8.4. Обработка конической поверхности при смещении задней бабки

ки производят с помощью упора (рис. 8.5, а) или индикатора (рис. 8.5, б). В качестве упора может быть использована тыльная сторона резца. Упор или индикатор подводят к пиноли задней бабки, фиксируют их исходное положение по лимбу рукоятки поперечной подачи или по стрелке индикатора. Заднюю бабку смещают на величину, большую  $h$  (см. рис. 8.4), а упор или индикатор передвигают (рукояткой поперечной подачи) на величину  $h$  от ис-

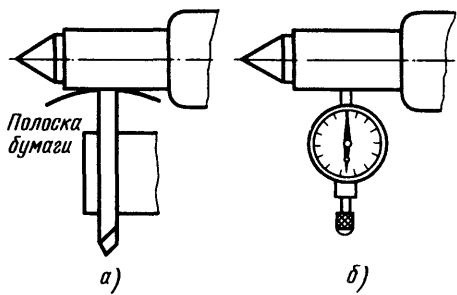


Рис. 8.5. Способы контроля величины смещения задней бабки

ходного положения. Затем заднюю бабку смещают в сторону упора или индикатора, проверяя ее положение по стрелке индикатора или по тому, насколько плотно зажата полоска бумаги между упором и пинолью. Положение задней бабки можно определить по готовой детали или образцу, которые устанавливают в центрах станка.

Затем индикатор устанавливают в резцедержателе, подводят к детали до соприкосновения у задней бабки и перемещают (суппортом) вдоль образующей детали. Заднюю бабку смещают до тех пор, пока отклонение стрелки индикатора не будет минимальным на длине образующей конической поверхности, после чего бабку закрепляют. Одинаковая конусность деталей в партии, обрабатываемых этим способом, обеспечивается при минимальных отклонениях заготовок по длине и центровых отверстий по размеру (глубине). Поскольку смещение центров станка вызывает изна-

шивание центров отверстий заготовок, конические поверхности обрабатывают предварительно, а затем, исправив центровые отверстия, производят окончательную чистовую обработку. Для уменьшения разбивки центровых отверстий и износа центров целесообразно применять центры со скругленными вершинами.

Конические поверхности с  $\alpha = 0 \div 12^\circ$  обрабатывают с использованием копирных устройств. К станине станка крепится плита 1 (рис. 8.6, а) с копирной линейкой 2, по которой перемещается ползун 5, соединенный с суппортом 6 станка тягой 7 с помощью зажима 8. Для свободного перемещения суппорта в поперечном направлении необходимо отсоединить винт поперечной подачи. При продольном перемещении суппорта 6 резец получает два движения: продольное от суппорта и поперечное от копирной линейки 2. Угол поворота линейки относительно оси 3 определяют по делениям на плите 1. Закрепляют линейку болтами 4. Подачу резца на глубину резания производят рукояткой перемещения верхних салазок суппорта.

Обработку наружных и торцовых конических поверхностей 9 (рис. 8.6, б) производят по копиру 10, который устанавливают в пиноли задней бабки или в револьверной головке станка. В резцедержателе поперечного суппорта закрепляют приспособление 11 с копирным роликом 12 и остроконечным проходным резцом. При поперечном перемещении суппорта копирный палец в соответствии с профи-

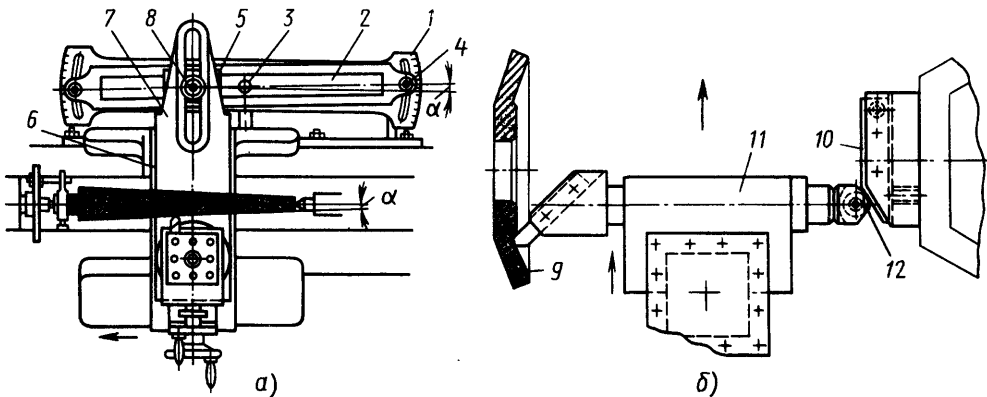


Рис. 8.6. Обработка конической поверхности с применением копирных устройств при продольном (а) и поперечном (б) перемещении

лем копира 10 получает продольное перемещение на определенную величину, которая передается резцу. Наружные конические поверхности обрабатывают проходными резцами, а внутренние — расточными резцами.

Для получения конического отверстия в сплошном материале (рис. 8.7, *а—г*) заготовку обрабатывают предварительно (сверлят, зенкеруют, растачивают), а затем окончательно (развертывают, растачивают). Развертывание выполняют последовательно комплектом конических разверток (рис. 8.8, *а—в*). Предварительно в заготовке сверлят отверстие диаметром на 0,5—1,0 мм меньше диаметра направляющего конуса развертки. Затем отверстие обрабатывают последовательно тремя развертками: режущие кромки черновой развертки (первой) имеют форму уступов; вторая, получистовая развертка снимает неровности, оставленные черновой разверткой; третья, чистовая развертка имеет сплошные режущие кромки по всей длине и калибрует отверстие.

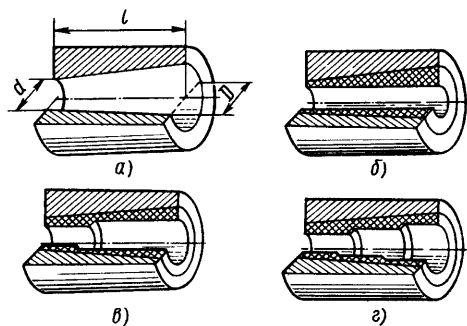


Рис. 8.7. Обработка конического отверстия в сплошном материале:

*а* — готовое (после чистового развертывания) отверстие с диаметрами  $d$  и  $D$  на длине  $l$ , *б* — цилиндрическое отверстие под черновую развертку, *в* — сьем припуска черновой разверткой, *г* — сьем припуска получистовой разверткой

Конические отверстия высокой точности предварительно обрабатывают коническим зенкером, а затем конической разверткой. Для уменьшения съема металла зенкером отверстие иногда обрабатывают ступенчато сверлами разного диаметра.

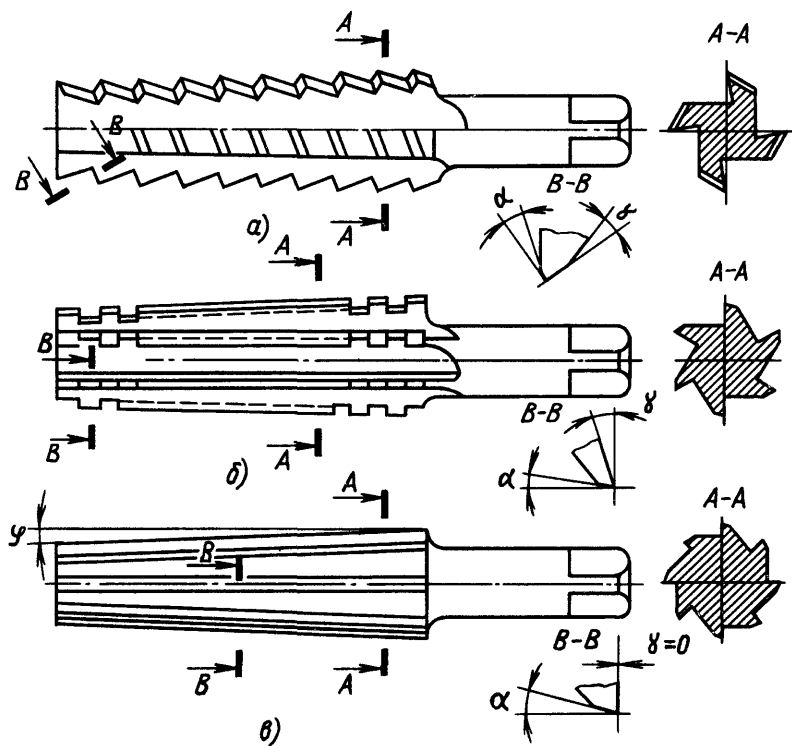


Рис. 8.8. Комплект конических разверток:  
*а* — черновая, *б* — получистовая, *в* — чистовая

## 8.2. Обработка центровых отверстий

В деталях типа валов часто приходится выполнять центровые отверстия, которые используют для дальнейшей обработки детали и для восстановления ее при эксплуатации.

Центровые отверстия вала должны находиться на одной оси и иметь одинаковые размеры на обоих торцах вала независимо от диаметров концевых шеек вала. При

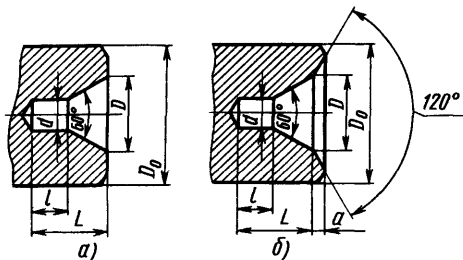


Рис. 8.9. Центровые отверстия:

*a* — не защищенное от повреждений, *б* — защищенное от повреждений фаской

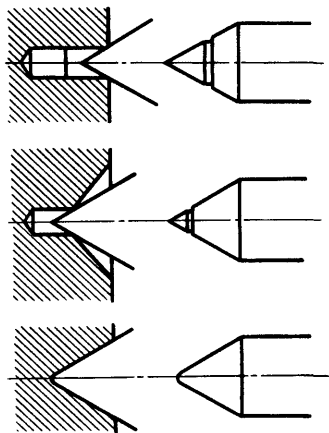


Рис. 8.10. Износ заднего центра при неправильно выполненном центровом отверстии в заготовке

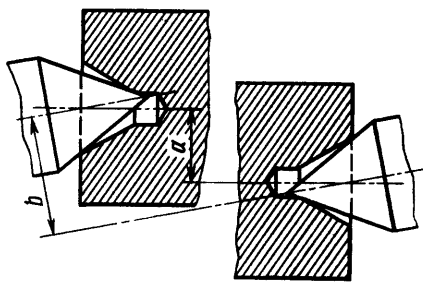


Рис. 8.11. Базирование заготовки при несоосности ее центровых отверстий и центров станка

невыполнении этих требований снижается точность обработки и увеличивается износ центров и центровых отверстий.

Наиболее распространены центровые отверстия с углом конуса  $60^\circ$  (рис. 8.9, *a*; табл. 8.1). Иногда при обработке крупных тяжелых заготовок этот угол увеличивают до  $75^\circ$  или до  $90^\circ$ . Вершина рабочей части центра не должна упираться в заготовку, поэтому центровые отверстия всегда имеют при вершине цилиндрическое углубление малого диаметра  $d$ . Для защиты центровых отверстий от повреждений при многократной установке заготовки в центрах предусмотрены центровые отверстия с предохранительной фаской с углом  $120^\circ$  (рис. 8.9, *б*).

На рис. 8.10 показано, как изнашивается задний центр станка при неправильно выполненном центровом отверстии в заготовке. При несоосности  $a$  центровых отверстий и несоосности  $b$  центров (рис. 8.11) заготовка базируется с перекосом, что вызывает значительные погрешности формы наружной поверхности детали.

Центровые отверстия в заготовках обрабатывают различными способами. Заготовку закрепляют в самоцентрирующем

### 8.1. Размеры центровых отверстий

Диаметр заготовки	Наименьший диаметр концевой шейки вала $D_0$ , мм	Размеры отверстия, мм			
		$d$	$D$ , не более	$l$ , не менее	$a$
Свыше 6 до 10	6,5	1,5	4	1,8	0,6
» 10 » 18	8	2,0	5	2,4	0,8
» 18 » 30	10	2,5	6	3	0,8
» 30 » 50	12	3	7,5	3,6	1
» 50 » 80	15	4	10	4,8	1,2
» 80 » 120	20	5	12,5	6	1,5

Примечание. За номинальный диаметр центрального отверстия условно принимается размер  $d$ .

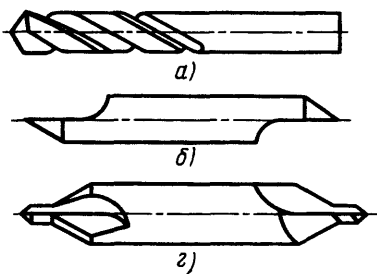
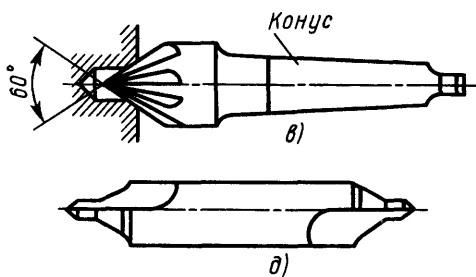


Рис. 8.12. Центровочные инструменты



### 8.3. Контроль конических поверхностей

Измерение конусности наружных конических поверхностей может выполняться шаблоном или универсальным угломером. Для более точных измерений конусов применяют калибры-втулки. С помощью калибра-втулки проверяют не только угол конуса, но и его диаметры (рис. 8.14). На обработанную поверхность конуса наносят

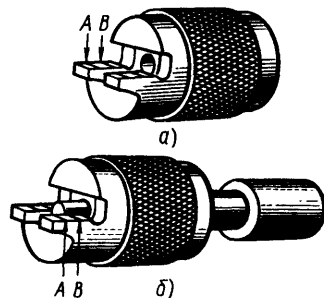


Рис. 8.14. Калибр-втулка для проверки наружных конусов (а) и пример ее применения (б)

2—3 риски карандашом, затем надевают калибр-втулку на измеряемый конус детали, слегка нажимая вдоль оси и поворачивая ее. При правильно выполненном конусе все риски стираются, а конец конической детали находится между метками А и В калибра-втулки.

При измерении конических отверстий применяют калибр-пробку. Правильность обработки конического отверстия определяют так же, как и при измерении наружных конусов по взаимному прилеганию поверхностей детали и калибра-пробки.

#### Контрольные вопросы

1. Какие существуют методы обработки конических поверхностей?
2. Как обрабатывают внутренние конические поверхности?
3. Как проверяют наружные и внутренние конические поверхности?

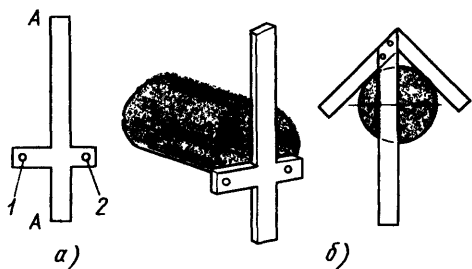


Рис. 8.13. Угольники для разметки центровых отверстий

# 9. Обработка фасонных поверхностей

## 9.1. Инструмент для обработки фасонных поверхностей

Обрабатываемые поверхности деталей относят к фасонным, если они образованы криволинейной образующей, комбинацией прямолинейных образующих, расположенных под различными углами к оси детали, или комбинацией криволинейных и прямолинейных образующих.

Фасонные поверхности могут быть получены на токарных станках различными

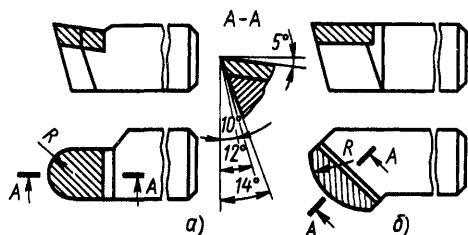


Рис. 9.1. Твердосплавные резцы для обработки галтелей и радиусных канавок  $R < 20$  мм (а) и  $R > 20$  мм (б)

способами: сочетаниями поперечной и продольной подач резца относительно заготовки фасонными резцами, профиль которых соответствует профилю готовой детали; поперечной и продольной подачами резца относительно заготовки с использованием приспособлений и копирных устройств, позволяющих обработать поверхность детали по заданному профилю; комбинированным, позволяющим использовать достоинства различных способов

для повышения точности и производительности токарной обработки фасонных поверхностей. Обрабатываемые фасонные поверхности могут быть наружными и внутренними.

Фасонные поверхности, в том числе на длинных деталях, обрабатывают остроконечными быстрорежущими и твердосплавными проходными резцами в том случае, если заданный профиль получается с помощью шаблона, копира, приспособлений и т. п. При обработке галтелей и канавок радиусом  $R < 20$  мм на стальных и чугунных деталях применяют резцы, режущая часть которых выполнена по профилю обрабатываемой галтели или канавки (рис. 9.1, а). При обработке галтелей и канавок с  $R > 20$  мм режущую часть резцов выполняют с радиусом скругления, равным  $(1,5-2) R$  (рис. 9.1, б). Обработку в этом случае ведут продольной и поперечной подачами.

Для повышения производительности обработки фасонных поверхностей сложного профиля применяют фасонные резцы (рис. 9.2, а-в), рабочая часть которых может быть выполнена из быстрорежущей стали или твердого сплава, а державка из конструкционной стали, которая соединяется с режущей частью сваркой или механическим креплением.

Передний угол  $\gamma$ , значения которого зависят от свойств обрабатываемого материала, лежит в пределах: 20—30° при обработке алюминия и меди; 20° — мягкой стали; 15° — стали средней твердости; 10° — твердой стали и мягкого чугуна;

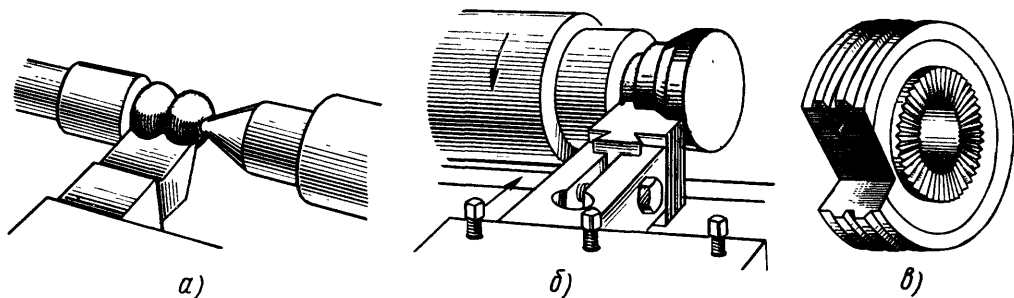


Рис. 9.2. Фасонные резцы:

а — цельный, б — с механическим креплением режущей части, в — дисковый

5° — труднообрабатываемой стали и твердого чугуна; 0° — бронзы и латуни. Задний угол  $\alpha$  выбирают в зависимости от конструктивных особенностей резцов: 10—15° для дисковых фасонных резцов; 12—18° для призматических фасонных резцов. Приведенные значения  $\gamma$  и  $\alpha$  относятся только к наружным точкам профиля резца. С приближением к центру заготовки дискового фасонного резца передний угол уменьшается, а задний — увеличивается. Размеры рабочей части и высота профиля круглых и призматических резцов должны соответствовать профилю, который получается в пересечении фасонной поверхности с передней поверхностью резца. На одном из торцов круглого фасонного резца выполнены зубцы, которые служат для закрепления резца в резцедержателе станка и при заточке. Ширина фасонных резцов не превышает 40—60 мм и зависит от жесткости системы станок — приспособление — инструмент — деталь и радиально-углового усилия резания.

## 9.2. Обработка проходными резцами

Обработка фасонной поверхности детали может быть выполнена при одновременной продольной и поперечной подаче остроконечного проходного резца. При выборе резца следует обратить внимание на то, чтобы форма его вершины и расположение режущих кромок позволяли обработать фасонную поверхность детали с заданными углами наклона и радиусами.

Для приобретения навыка перемещения вручную резца по заданной траекто-

рии при одновременной продольной и поперечной подаче следует предварительно (перед обработкой фасонной детали) выполнить несколько упражнений, что позволит освоиться с особенностями управления станком при фасонной обработке. Для этого в патроне или в центрах закрепляют готовую деталь с фасонной поверхностью сложного профиля. Перемещая суппорт координированным вращением его рукояток, следует следить за тем, чтобы вершина резца (карандаша) перемещалась в непосредственной близости (с одинаковым зазором до 1 мм) от поверхности детали.

Убедившись в надежности управления станком, переходят к обработке детали (рукоятки) с фасонной поверхностью (рис. 9.3, а). Для этого в трехручачковом патроне закрепляют заготовку по поверхности А (рис. 9.3, б) и обрабатывают проходным резцом хвостовую часть рукоятки, состоящую из поверхностей В, С, D и E. Фасонную поверхность обрабатывают после установки заготовки рукоятки в патроне по поверхности С (рис. 9.3, в). С помощью шкалы на станине станка производят разметку (вдоль оси заготовки) наибольшего и наименьшего диаметров фасонной поверхности рукоятки, а затем проходным резцом снимают черновой припуск за несколько рабочих ходов (рис. 9.3, в, удаляемые слои металла заштрихованы). Окончательный съем припуска (рис. 9.3, г) выполняют за несколько рабочих ходов. Вначале аккуратно снимают гребешки при плавном перемещении резца вдоль оси обрабатываемой детали и возвратно-поступательном перемещении по-

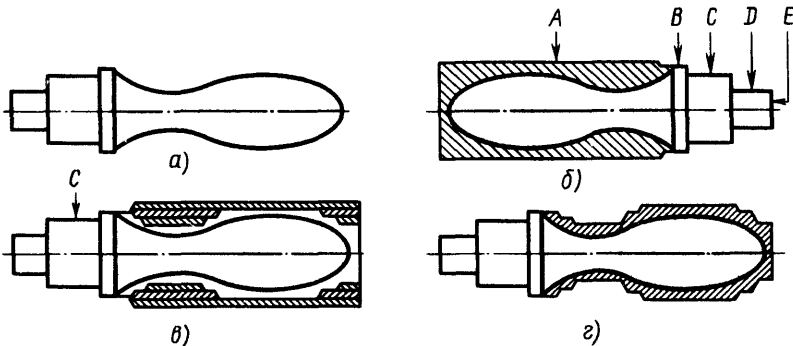


Рис. 9.3. Последовательность (а—г) обработки фасонной поверхности проходным резцом с применением продольной и поперечной подач



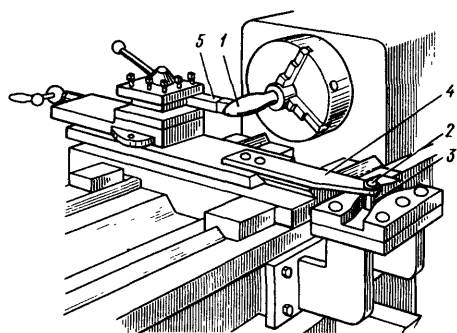


Рис. 9.4. Обработка фасонной поверхности по копиру

перечных салазок суппорта. Затем к невращающейся заготовке прикладывают шаблоны с профилем готовой детали, измеряют наибольший и наименьший диаметры фасонной поверхности и определяют места, с которых необходимо снять припуск. Производительность и качество обработки зависят от навыка рабочего. Для облегчения условий труда и повышения производительности опытные рабочие используют автоматическую продольную подачу, перемещая вручную только поперечный суппорт.

При обработке фасонных поверхностей проходным резцом применяют копир (рис. 9.4). Фасонную поверхность рукоятки 1 обрабатывают резцом 5, поперечное перемещение которого осуществляется копиром 3 и пальцем 2. При движении вдоль копира палец 2 перемещается в поперечном направлении в соответствии с его профилем. Вместе с пальцем 2 в поперечном направлении перемещаются тяга

4 и связанный с ней суппорт с резцовой головкой. При этом винт поперечной подачи выводится из зацепления с гайкой поперечного суппорта, что позволяет применять автоматическую продольную подачу.

Обработку фасонной поверхности на токарном или токарно-револьверном станке по копиру производят с помощью маятниковой державки (рис. 9.5, а). Копирную линейку 3 закрепляют в резцовой головке суппорта, а державку 1 с проходным резцом — в револьверной головке (или пиноли задней бабки). При продольном перемещении хвостовика державки 6 державка 1 с резцом, опираясь копирным пальцем 2 на копирную линейку 3, поворачивается на оси 5, осуществляя поперечную подачу резца в соответствии с профилем копирной линейки.

При обработке торцовых фасонных поверхностей (рис. 9.5, б) копир 14 закрепляют в револьверной головке (или пиноли задней бабки), а державку 8 с проходным резцом — в резцовой головке суппорта. Обработку торцовой фасонной поверхности производят при поперечной подаче резцовой головки.

### 9.3. Обработка фасонными резцами

Для обработки галтелей, резьбы и других фасонных поверхностей применяют фасонные резцы (рис. 9.6). Профиль режущей кромки этих резцов полностью совпадает с профилем обрабатываемой поверхности и поэтому передняя поверхность резца должна устанавливаться точно на линии центров станка (рис. 9.7, а—в).

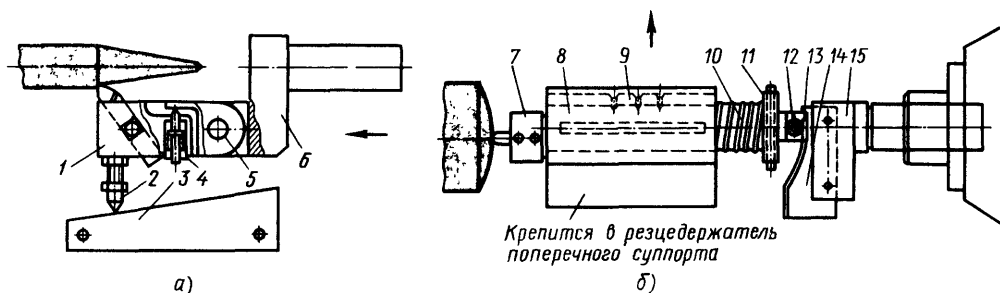


Рис. 9.5. Приспособления для обработки фасонных поверхностей по копиру на токарно-револьверном станке:

а — маятниковая державка, б — приспособление для обработки торцов; 1, 8 — державка, 2 — копирный палец, 3 — копирная линейка, 4 — толкатель, 5, 12 — ось, 6 — хвостовик для крепления в револьверной головке, 7 — подружиненная скалка с резцом, 9 — шпонка, 10 — пружина, 11 — упорное кольцо, 13 — копирный ролик, 14 — копир, 15 — хвостовик для крепления в револьверной головке

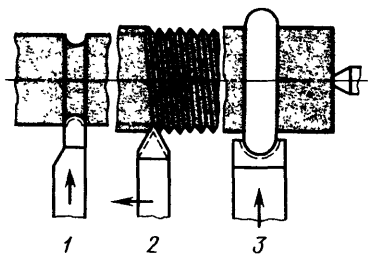


Рис. 9.6. Фасонные резцы:  
1 — галтельный, 2 — резьбовой, 3 —  
фасонный (для обработки бурта)

Для сохранения обрабатываемого профиля фасонные резцы затачивают по передней поверхности. Это нужно учитывать при установке резцов. В горизонтальной плоскости резец должен быть перпендикулярен к линии центров станка, правильность установки проверяют угольником, который одним катетом прикладывают к цилиндрической поверхности детали, а другим — к боковой поверхности резца. При этом между угольником и резцом должен быть равномерный просвет.

Применение призматических и круглых фасонных резцов позволяет обрабатывать фасонные поверхности сложного профиля. Передней поверхностью призматического фасонного резца служит торец призмы (рис. 9.7, б), а задний угол  $\alpha$  образуется наклонным положением резца в державке.

На рис. 9.8 показаны призматические радиальные фасонные резцы, устанавливаемые на поперечном суппорте или в револьверной головке с горизонтальной осью вращения и предназначенные для работы с поперечной подачей. Режущую кромку резца устанавливают по центру обрабатываемой детали. Задние углы  $\alpha$  создают

соответствующей установкой резца в державке.

Призматические тангенциальные резцы (рис. 9.9, а—в) при обработке перемещают с поперечной подачей по касательной к обработанной поверхности. При такой обработке размеры детали зависят от положения резца при установке, а не от глубины резания. В начальный момент резания тангенциальный резец касается обрабатываемой поверхности в точке А (рис. 9.9, а), при этом задний угол  $\alpha$  имеет максимальное значение ( $\alpha_1$ ), а передний  $\gamma$  — минимальное значение ( $\gamma_1$ ). В конце резания (рис. 9.9, б), когда резец переместится на длину  $l$ , угол  $\alpha$  имеет минимальное значение, а угол  $\gamma$  — максимальное. Поскольку разница значений  $\alpha$  и  $\gamma$  тем больше, чем больше припуск, эти резцы применяют в основном для чистовой обработки.

В случае расположения режущей кромки под углом  $\alpha$  к обрабатываемой поверхности (рис. 9.9, в) происходит постепенное плавное врезание резца в деталь, а не сразу по всей длине режущей кромки, что позволяет обрабатывать не жесткие и широкие детали.

Передняя поверхность круглого (дискового) резца (см. рис. 9.7, а) располагается ниже его оси на величину  $h$ , что необходимо для образования заднего угла. Если  $h$  равна 0,1 наружного диаметра резца, то задний угол  $\alpha \approx 12^\circ$ . На рис. 9.10 показаны фасонные круглые резцы с винтовыми образующими режущих кромок. Эти резцы обеспечивают получение меньшей шероховатости обрабатываемых поверхностей по сравнению с круглыми резцами с кольцевыми образующими. Резцы с винтовыми образующими высо-

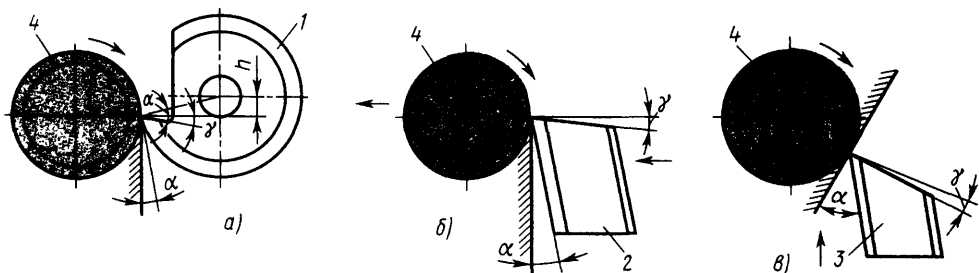


Рис. 9.7. Схемы работы круглого (а), призматического радиального (б) и призматического тангенциального (в) фасонных резцов:

1, 2, 3 — резец, 4 — обрабатываемая деталь

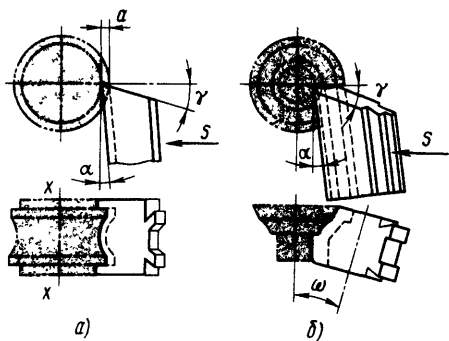


Рис. 9.8. Призматический радиальный фасонный резец, установленный перпендикулярно (а) и под углом  $\omega$  (б) к детали

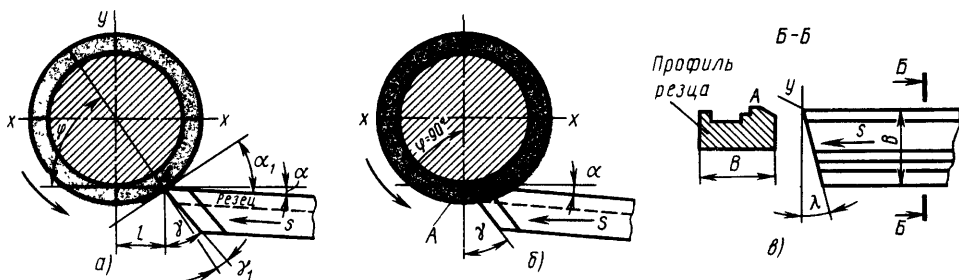


Рис. 9.9. Призматические тангенциальные резцы с режущей кромкой, расположенной перпендикулярно (а и б) и под углом  $\lambda$  (в) к обрабатываемой поверхности

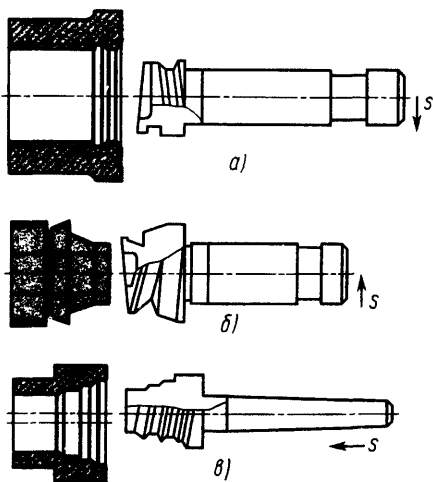


Рис. 9.10. Фасонные круглые резцы с винтовыми образующими:

а — для работы с поперечной подачей, б — с продольной подачей для обработки внутренних поверхностей, в — с продольной подачей для обработки наружных поверхностей

копроизводительны, их применяют на станках с револьверными головками.

Подача фасонного резца должна быть равномерной и не превышать 0,05 мм/об при ширине резца 10—20 мм и 0,03 мм/об при ширине резца более 20 мм. Подача зависит от жесткости детали.

Для повышения производительности обработки фасонных поверхностей следует разделять их обработку на черновую и чистовую. Обычно черновую обработку выполняют на более высоких режимах резания, чем чистовую. На окончательную чистовую обработку оставляют минимальный припуск и выполняют ее более точным

инструментом. Это позволяет значительно повысить стойкость чистовых резцов до переточки и обработать большее количество деталей.

#### 9.4. Контроль фасонных поверхностей

Контроль фасонных поверхностей выполняют шаблоном или совмещением увеличенного профиля фасонной поверхности детали с ее проецируемым чертежным изображением на экране. Причины отклонения фактического профиля детали: неточность профиля резца или погрешность его установки, а также деформации заготовки, которые вызваны чрезмерно большими подачами.

Контрольные вопросы

1. Какие поверхности относят к фасонным?
2. Назовите инструмент, применяемый при фасонной обработке.
3. Какими способами обрабатывают фасонные поверхности?
4. Как осуществляют контроль фасонной поверхности?

# 10. Нарезание резьбы

## 10.1. Общие сведения о резьбах

Вершина резца при перемещении с постоянной подачей вдоль вращающейся заготовки оставляет на ее поверхности винтовую линию (рис. 10.1).

Наклон винтовой линии к плоскости, перпендикулярной к оси вращения детали, зависит от частоты вращения заготовки и подачи резца и называется углом подъема винтовой линии —  $\psi$ . Расстояние между соседними винтовыми линиями, измеренное вдоль оси заготовки, называется шагом  $P$  винтовой линии. Если часть поверхности детали, равную шагу винтовой линии, развернуть на плоскость, то из прямоугольного треугольника  $ABV$  (рис. 10.2) можно определить  $\text{tg } \psi = S/\pi d$ , где  $d$  — диаметр заготовки с винтовой линией.

При углублении резца в поверхность заготовки вдоль винтовой линии образуется винтовая поверхность — резьба, форма которой соответствует форме вершины резца. Резьбу применяют для соединения, уплотнения или обеспечения заданных перемещений деталей машин и механизмов.

В зависимости от назначения резьбового соединения применяют резьбы раз-

личного профиля (рис. 10.3,  $a—e$ ). Профиль и канавки резьбы в плоскости ее осевого сечения. Широко применяют резьбы с остроугольным, трапециевидальным и прямоугольным профилем.

К основным элементам резьбы относят: угол  $\alpha$  профиля — угол между смежными боковыми сторонами резьбы в плоскости осевого сечения;

вершину профиля — часть винтовой поверхности, соединяющую смеж-

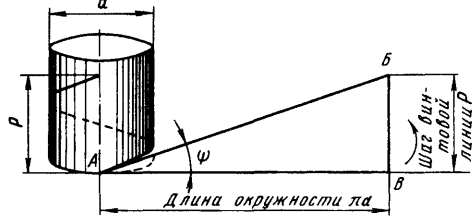


Рис. 10.2. Геометрия винтовой линии

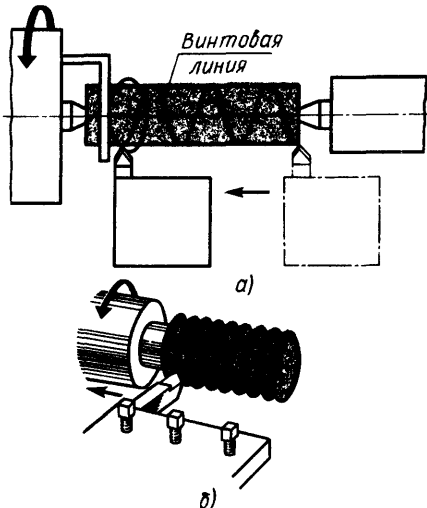


Рис. 10.1. Схема нарезания наружной резьбы:

$a$  — схема движения инструмента и заготовки,  $b$  — нарезание резьбы резцом

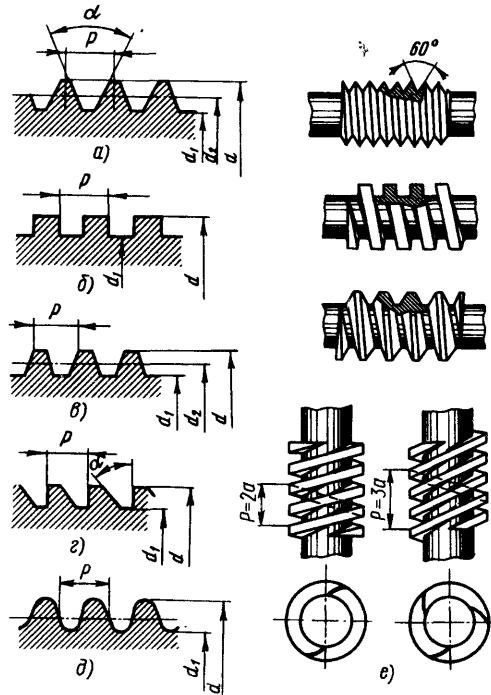


Рис. 10.3. Резьбы различного профиля:

$a$  — остроугольная,  $b$  — прямоугольная,  $в$  — трапециевидальная,  $г$  — упорная,  $д$  — круглая,  $e$  — двух- и трехзаходная

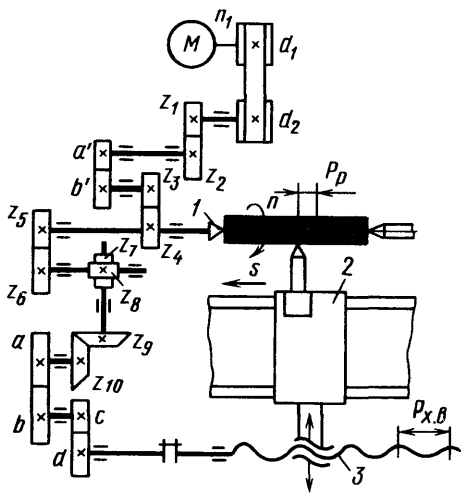


Рис. 10.4. Упрощенная кинематическая схема нарезания резьбы на токарно-винторезном станке

ные боковые стороны резьбы по верху ее выступа;

впадину профиля — часть винтовой поверхности, соединяющую смежные боковые стороны резьбы по дну ее канавки;

шаг  $P$  резьбы — расстояние, измеренное по линии, параллельной оси резьбы, между точками одноименных боковых сторон профиля, лежащими в одной осевой плоскости по одну сторону от оси резьбы;

наружный диаметр  $d$  резьбы — диаметр воображаемого цилиндра, описанного вокруг вершин наружной или впадин внутренней цилиндрической резьбы;

внутренний диаметр  $d_1$  резьбы — диаметр воображаемого цилиндра, вписанного во впадины наружной или вершины внутренней цилиндрической резьбы.

средний диаметр  $d_2$  резьбы — диаметр воображаемого цилиндра, соосного с резьбой, образующая которого делится боковыми сторонами профиля на отрезки, равные половине шага резьбы;

угол  $\psi$  подъема резьбы — угол, образованный касательной к винтовой линии, описываемой средней точкой боковой стороны резьбы и плоскостью, перпендикулярной оси резьбы.

Резьбы бывают левыми и правыми.

Винт с правой резьбой заворачивается при вращении по часовой стрелке — слева направо, винт с левой резьбой — при вращении против часовой стрелки — справа налево. Различают резьбы однозаходные и многозаходные. Однозаходная резьба образована одним выступом резьбы, а многозаходная — несколькими (двумя и более) выступами резьбы с равномерно расположенными заходами. Число заходов (начало выступа) легко определить по торцу детали, где начинается резьбовая поверхность (см. рис. 10.3, e). В многозаходной резьбе различают ход и шаг. Ход многозаходной резьбы равен шагу резьбы, умноженному на число заходов.

Соответственно выполняемой работе резьбы делят на передающие и крепежные. Первые предназначены для преобразования вращательного движения в поступательное, которое часто применяют в механизмах перемещения составных частей станка, в зажимных устройствах и т. д. Обычно такие резьбы имеют прямоугольный или трапецеидальный профиль. Когда направление действия осевого усилия не зависит от направления вращения гайки или винта, применяют упорную резьбу. Резьбы треугольного профиля используют на крепежных деталях.

На рис. 10.4 приведена упрощенная кинематическая схема нарезания резьбы на токарно-винторезном станке. Главное движение (вращение шпинделя с заготовкой 1) осуществляется от электродвигателя  $M$  через ременную передачу со шкивами  $d_1$  и  $d_2$ , зубчатые колеса  $z_1$  и  $z_2$ , сменные зубчатые колеса  $a'$  и  $b'$ , зубчатые колеса  $z_3$  и  $z_4$ . Продольное перемещение резца (движение подачи) производится передачей вращения от шпинделя через зубчатые колеса  $z_5$  и  $z_6$ , винтовые конические колеса  $z_7$  и  $z_8$ ,  $z_9$  и  $z_{10}$ ; сменные зубчатые колеса  $a$  и  $b$ ,  $c$  и  $d$  к ходовому винту 3. Вращательное движение ходового винта преобразуется в поступательное перемещение суппорта 2 с резцом.

Резьбовые поверхности получают точением резцами, резцовыми головками, накатыванием и др. Условия обработки и достижимая степень точности в зависимости от способа обработки приведены в табл. 10.1 и 10.2.

### 10.1. Обработка наружных резьб

Способ обработки	Диаметр, мм	Шаг $P$ , мм	Максимальная твердость заготовки по HRC	Степень точности
Накатывание роликами	2—250	0,35—20	32	2—6
Нарезание головками	1,7—400	0,35—6	35	5—8
Точение	2—1000	0,35—100	60	6—8
Вихревая обработка	20—1000	2,5—100	45	7—9
Обработка плашками	0,25—72	0,75—3	32	5—8

### 10.2. Обработка внутренних резьб

Способ обработки резьбы	Диаметр, мм	Шаг $P$ , мм	Максимальная твердость заготовки по HRC	Степень точности
Нарезание:				
метчиками	0,25—300	0,75—10	45	2—7
головками	36—300	0,75—8	45	5—8
Точение	10—1000	0,5—100	60	4—8
Вихревая обработка	30—250	3—50	45	7—9
Накатывание:				
метчиками	1—52	0,25—2,5	24	2—6
головками	50—200	0,5—3	24	4—6

### 10.2. Нарезание наружной резьбы резцами

На токарных станках наиболее широко применяют способ нарезания резьбы резцами. Резьбонарезные резцы бывают стержневые, призматические и круглые. Их геометрические параметры не отличаются от геометрических параметров фасонных резцов.

Стержневые резцы применяют для нарезания внутренней и наружной резьб (рис. 10.5,  $a$ — $b$ ). Наружную резьбу на-

резают прямым или отогнутыми резцами, а внутреннюю — изогнутым резцом в отверстиях малого диаметра и прямым резцом, установленным в оправку, в отверстиях большого диаметра. Расположение режущих кромок резца должно соответствовать профилю обрабатываемой резьбы. Резьбы треугольного профиля нарезают резцами с углом при вершине  $\epsilon = 60^\circ \pm 10'$  для метрической резьбы и  $\epsilon = 55^\circ \pm 10'$  для дюймовой резьбы. Учитывая погрешности перемещения суппорта, которые могут привести к увеличению угла резьбы, иног-

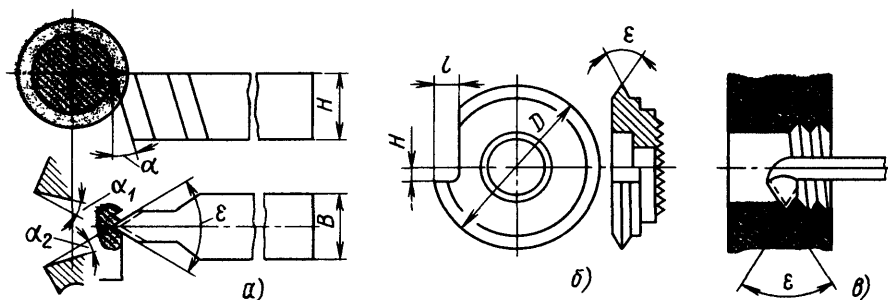


Рис. 10.5. Резьбонарезные резцы:  
 $a$  — прямой,  $b$  — круглый,  $в$  — изогнутый

да применяют резцы с  $\varepsilon = 59^\circ \pm 30'$ . Верхняя резца может быть скругленной или с фаской в соответствии с формой впадины нарезаемой резьбы.

Боковые задние поверхности резца с правой и левой стороны обычно делают одинаковыми и равными  $3-5^\circ$  для нарезания резьбы с углом подъема до  $4^\circ$ . При нарезании резьбы с углами подъема свыше  $4^\circ$  боковые задние углы резца следует увеличить до  $6-8^\circ$ . Боковые задние углы выбирают так, чтобы исключить трение боковых поверхностей резца о винтовую поверхность резьбы. При нарезании метрической резьбы на незакаленных стальных деталях задний угол резца  $\alpha = 10^\circ \div 15^\circ$ , а на закаленных деталях  $-\alpha = 6^\circ$ . При нарезании треугольных внутренних резьб в отверстиях диаметром до 50 мм задний угол  $\alpha$  увеличивают до  $18^\circ$ .

Передний угол резбонарезных резцов  $\gamma = 0^\circ \div 25^\circ$  в зависимости от свойств обрабатываемого материала. Для твердых и хрупких материалов выбирают меньшие значения  $\gamma$ , для вязких и цветных — большие. При нарезании резьбы на деталях из высоколегированных жаропрочных сталей  $\gamma = 5^\circ \div 10^\circ$  для черновых и чистовых резцов. При нарезании резьбы на деталях из конструкционной стали чистовыми резцами  $\gamma = 0$ . Правильность заточки резцов проверяют шаблоном.

Резьбовые резцы оснащают пластинками из быстрорежущей стали и твердых сплавов. При обработке стальных деталей применяют резцы с твердосплавными пластинками марок Т16К6 и Т14К8 на предварительных и Т30К4 и Т15К6 на окончательных операциях, при обработке чугунных деталей используют марки ВК6М, ВК3М, ВК2 или ВК4.

Поверхность детали для нарезания резьбы резцом следует обточить так, чтобы ее наружный диаметр под метрическую резьбу был на  $0,14-0,28$  мм меньше наружного диаметра резьбы до 30 мм, на  $0,17-0,34$  мм — до 48 мм; на  $0,2-0,4$  мм — до 80 мм. Уменьшение диаметра заготовки обусловлено тем, что в процессе нарезания материал ее деформируется, а наружный диаметр резьбы при этом увеличивается.

Нарезание резьбы в отверстиях производят или сразу после сверления (если

к точности резьбы не предъявляют высоких требований), или после растачивания отверстия (для точных резьб). При этом диаметр отверстия под резьбу  $d_0 = d - P$ , где  $d_0$  — диаметр отверстия, мм,  $d$  — наружный диаметр резьбы, мм,  $P$  — шаг резьбы, мм.

Диаметр отверстия под резьбу должен быть несколько больше внутреннего диаметра резьбы, так как в процессе нарезания резьбы металл деформируется, что приводит к уменьшению диаметра отверстия. Поэтому результат, полученный по приведенной выше формуле, следует увеличить на  $0,2-0,4$  мм при нарезании резьбы в стали, латуни и других вязких материалах, на  $0,1-0,2$  мм в чугунных, бронзовых и других хрупких материалах.

В зависимости от требований чертежа резьба может заканчиваться проточкой (канавкой) для выхода резца. Внутренний диаметр канавки выполняют немного меньше (на  $0,1-0,3$  мм) внутреннего диаметра резьбы при ширине канавки в два три шага. Резьба на болтах, шпильках и некоторых других деталях заканчивается сбегом, который образуется при отводе резца в конце нарезаемой резьбы. Для более удобного и точного нарезания резьбы на торце детали протачивают уступ длиной  $2-3$  мм и диаметром, равным внутреннему диаметру резьбы, по которому определяют последний рабочий ход. После окончания нарезания резьбы уступ срезают.

На точность нарезаемой резьбы оказывает влияние правильная установка резца. Чтобы установить резец по осевой линии профиля перпендикулярно оси обрабатываемой детали, используют шаблон. Шаблон устанавливают на обработанной поверхности детали вдоль линии центров станка. Затем профиль резца совмещают с профилем шаблона и проверяют правильность установки резца по просвету. Резьбовые резцы следует устанавливать строго по линии центров, так как от этого зависит точность профиля резьбы.

При нарезании резьбы резцами подача должна соответствовать шагу нарезаемой резьбы. Скорость резания для быстрорежущих резцов при обработке стали средней твердости лежит в пределах от 20 до 35 м/мин (для черновых рабочих ходов)

и от 25 до 50 м/мин (для чистовых); при нарезании резьбы на деталях из чугуна средней твердости скорость резания в два раза меньше. При использовании твердосплавных резцов с пластинками марок Т15К6 для обработки сталей средней твердости скорость резания равна 100—150 м/мин. Причем большие значения скорости резания в указанных для быстрорежущих и твердосплавных резцов пределах предназначены для нарезания резьб с шагом до 2 мм, а меньшие — для резьб с шагом, равным или меньшим 6 мм.

Нарезание резьбы резцами на токарных станках выполняют за несколько рабочих ходов. После каждого рабочего хода резец отводят в исходное положение. По нониусу винта поперечной подачи устанавливают требуемую глубину резания и повторяют рабочий ход. При нарезании резьбы с шагом до 2 мм подача может находиться в пределах 0,05—0,2 мм. Если резьбу нарезают одновременно двумя режущими кромками, то образующаяся стружка сталкивается и портит поверхность резьбы. Поэтому перед началом рабочего хода резец следует смещать на 0,1—0,15 мм поочередно вправо или влево осевой подачей. При этом обработка ведется только одной режущей кромкой. Число черновых рабочих ходов должно быть 3—6, а чистовых — 3 (рис. 10.6, а—б).

При нарезании резьбы с шагом более 2 мм на детали из труднообрабатываемых сталей подача резца может производиться вдоль стороны профиля (рис. 10.7). При этом резец работает только левой режущей кромкой. При последнем рабочем ходе устанавливают полную глубину резания, что позволяет исправить погрешности, образовавшиеся при предыдущих рабочих ходах. При нарезании резьб шагом от 2 до 6 мм число черновых рабочих ходов должно быть 6—9, а чистовых — 3—4. Меньшее число рабочих ходов относится к резьбе с меньшим шагом, а большее — к резьбам с большим шагом. Для нарезания резьбы шагом 0,5—1,0 мм рекомендуется делать 4—6, шагом 1,25—1,5 мм — 6—8, шагом 1,75—2,0 мм — 8—10, шагом 2,5—3 мм — 12—15 рабочих ходов. При нарезании резьб на деталях из труднообрабатываемых сталей (нержавеющих и кислотоупорных и т. д.) число

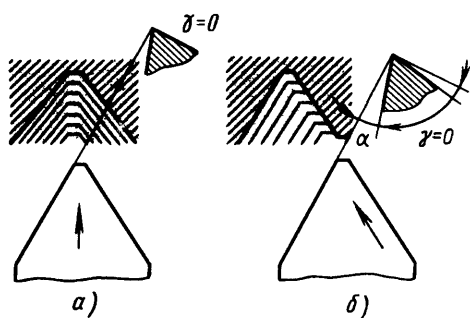


Рис. 10.6. Схемы (а, б) установки резца при нарезании резьбы

рабочих ходов рекомендуется увеличивать на 25 %.

При нарезании резьбы небольшой длины возврат резца в исходное положение может быть выполнен перемещением суппорта при обратном ходе без выключения разъемной гайки. При нарезании длинного винта суппорт перемещают в исходное положение вручную, выключив разъемную гайку. Для выполнения следующего рабочего хода необходимо попасть в винтовую канавку нарезаемой резьбы. Если нарезают четную резьбу, шаг которой делится без остатка на шаг резьбы ходового винта (или шаг резьбы ходового винта делится без остатка на шаг нарезаемой резьбы), то разъемную гайку можно включать в любой момент, при этом резец всегда точно попадает в ранее нарезанную винтовую канавку.

При нарезании нечетной резьбы, шаг которой делится с остатком на шаг резьбы ходового винта, разъемную гайку можно включать только при определенном положении ходового винта, когда деталь, ходовой винт и суппорт займут такое же положение, как и в начале нарезания резьбы.

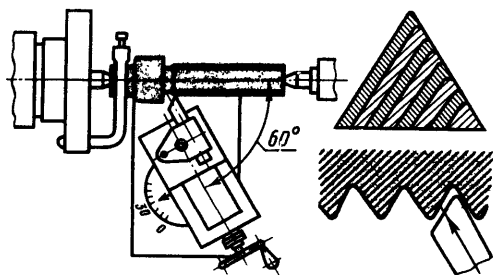


Рис. 10.7. Схема работы резбонарезного резца при повернутых верхних салазках суппорта



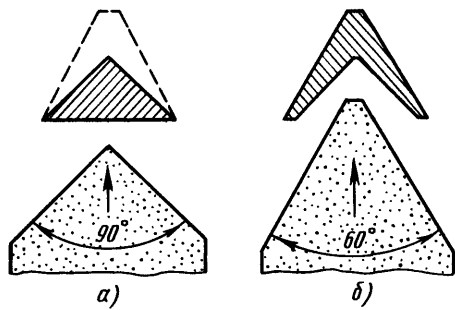


Рис. 10.8. Схема нарезания резьбы блоком из двух резцов — черного (*а*) и чистового (*б*)

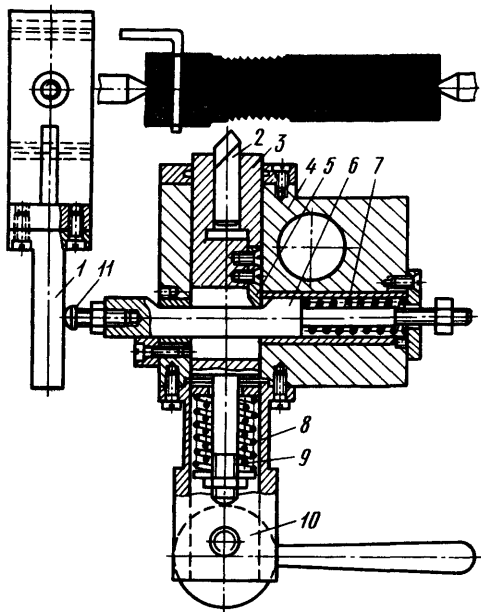


Рис. 10.9. Устройство для автоматического отвода резца при нарезании резьбы в упор

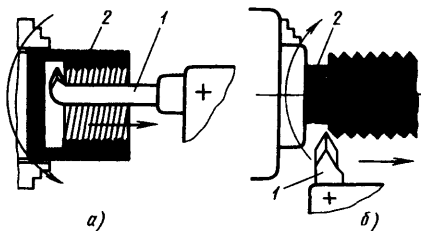


Рис. 10.10. Нарезание резьбы обратным ходом:

*а* — внутренней в глухом отверстии, *б* — наружной на выход; *1* — резец, *2* — деталь

Только в этом положении резец попадает в винтовую канавку.

В процессе нарезания резьбы возникает необходимость замены изношенного резца или черного резца чистовым. Чтобы устанавливаемый резец попал в уже прорезанную винтовую канавку, его перемещают с помощью верхних салазок суппорта или, установив трезель в среднее положение, разъединяют ходовой винт и шпиндель, а затем поворачивают деталь до такого положения, при котором резец будет находиться против винтовой канавки.

Для повышения производительности труда вместо одного резца применяют резьбовые гребенки или многорезцовые державки. Первый резец ( $\epsilon = 90^\circ$ ) снимает предварительный слой (рис. 10.8) с меньшей глубиной резания, оставляя припуск для чистового резца. Второй чистовой резец ( $\epsilon = 60^\circ$ ) производит окончательную обработку резьбы.

Для повышения производительности нарезания резьбы и снижения утомляемости токаря применяют различные приспособления. На рис. 10.9 показано устройство для автоматического отвода резца после каждого рабочего хода. В конце рабочего хода неподвижный упор *1* останавливает движение упора *11* и валика *6* с лыской, а корпус *4* приспособления продолжает движение. В конце нарезаемой резьбы под действием пружин *8* и *9* сухарь *5* вместе с пинолью *3* и закрепленным в ней резцом *2* попадает на лыску валика *6* и процесс нарезания резьбы прекращается. После возврата суппорта в исходное положение поворотом рукоятки с эксцентриком *10* выдвигают пиноль *3* с резцом *2*. В это время под действием пружины *7* валик *6* перемещается влево и запирает пиноль *3* в переднем положении.

Нарезание резьбы в упор снижает производительность, требует повышенного внимания рабочего, чтобы избежать поломки режущего инструмента. Поэтому применяют также способ нарезания резьбы обратным ходом (рис. 10.10, *а*, *б*), когда левый резец вводят в канавку для выхода резца, изменяют направление вращения шпинделя и перемещения суппорта и нарезают резьбу на выход по направлению к задней бабке.

### 10.3. Нарезание прямоугольной, трапециевидной и многозаходной резьбы

**Нарезание резьбы прямоугольного и трапециевидного профиля.** Нарезание резьбы такого профиля имеет ряд отличительных особенностей от нарезания треугольных резьб. Прямоугольные и трапециевидные резьбы часто бывают с двух-, трех- и с большим числом заходов, а следовательно, и угол подъема винтовой линии может быть значительно больше угла подъема винтовой линии треугольных резьб и достигать значений  $\psi > 40^\circ$ .

При нарезании резьб прямоугольного и трапециевидного профиля применяют стержневые резцы. Форма профиля резца должна соответствовать профилю, который получается в пересечении винтовой поверхности резьбы с передней поверхностью резца. Главная режущая кромка резца должна быть параллельной оси нарезаемой резьбы. Передний угол резца равен нулю, а задний —  $6-8^\circ$ .

Для обеспечения нормальных условий резания необходимо, чтобы действительный задний угол был не менее  $3^\circ$ . При нарезании правозаходной резьбы задний угол у левой режущей кромки резца должен быть на  $2^\circ$  больше угла подъема резьбы, а задний угол у правой режущей кромки — около  $3^\circ$ . При нарезании левозаходных резьб значения этих углов изменяют на противоположные.

Наиболее распространены два способа установки резца при нарезании резьбы с углом  $\psi > 4^\circ$  подъема винтовой линии. При первом способе главную режущую кромку резца устанавливают параллельно оси детали (рис. 10.11, а), что позволяет

нарезать резьбу, профиль которой совпадает с профилем резца. Недостатками этого способа являются неодинаковые условия работы боковых режущих кромок резца. Угол резания у правой боковой кромки резца больше  $90^\circ$  ( $-\gamma_n$ ), что ухудшает условия резания. Для улучшения их на передней поверхности вдоль этой режущей кромки выполняют канавку (рис. 10.11, б). Угол резания у левой боковой кромки резца получается меньше  $90^\circ$ , что ослабляет режущую кромку, снижает ее стойкость. В результате резец приходится часто перетачивать. Кроме того, с увеличением угла подъема резьбы возрастает нагрузка на резец, он отклоняется влево и вниз, что может привести к подрезанию профиля резьбы.

При втором способе (рис. 10.11, в) главную режущую кромку резца устанавливают перпендикулярно винтовой линии, т. е. боковым поверхностям резьбовой канавки. В этом случае обе боковые режущие кромки находятся в одинаковых более благоприятных условиях работы. Недостатком этого способа является искажение профиля резьбы, которое тем больше, чем больше угол подъема резьбы.

Учитывая достоинства и недостатки каждого способа, второй способ установки резца используют при черновых рабочих ходах для снятия больших припусков. При нарезании резьб с шагом  $3-4$  мм, а также при чистовых рабочих ходах (с припуском  $0,2-0,3$  мм) применяют первый способ установки резца. Главную режущую кромку устанавливают точно на линии центров станка с помощью поворотной головки  $З$  (рис. 10.12). Фиксируют головку в нужном положении (по риску  $A$  относительно шкалы  $B$ ) винтом  $б$ , который навинчивают

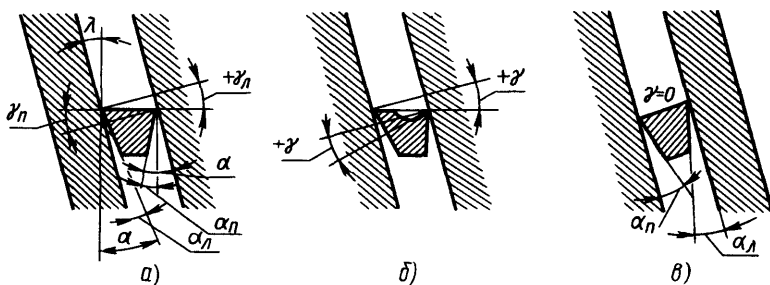


Рис. 10.11. Способы (а—в) установки резца при нарезании резьбы с углом  $\psi > 40^\circ$  наклона винтовой линии

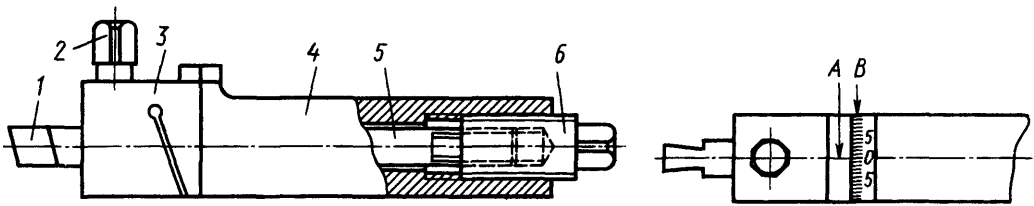


Рис. 10.12. Державка с поворотной головкой для резьбового резца

на стержень 5 головки по резьбе с крупным шагом и ввинчивают в корпус 4 резца по резьбе с мелким шагом. Такое устройство позволяет надежно закреплять головку 3 в нужном положении. Резец 1 закрепляют в головке винтом 2. Иногда го-

ловку резца выполняют с прорезью, которая позволяет резцу незначительно отжиматься для повышения качества обработанной поверхности.

Трапецидальные резьбы с шагом более 3—4 мм нарезают двумя способами. По первому способу канавочным резцом, ширина которого на 0,1—0,2 мм меньше ширины профиля резьбы, прорезают винтовую канавку с внутренним диаметром, равным внутреннему диаметру нарезаемой резьбы, а затем винтовой канавке придают форму трапеции (правым и левым резцами), ширина основания которой по наружному диаметру резьбы на 0,3—0,4 мм меньше требуемой. Окончательную обработку боковых поверхностей резьбы производят резцом с полным профилем. По второму способу трапецидальным резцом прорезают профильную канавку, ширина которой по среднему диаметру резьбы на 0,3—0,4 мм меньше требуемой, а затем эту канавку прорезают прорезным резцом на глубину для получения внутреннего диаметра резьбы. Окончательную обработку боковых поверхностей резьбы производят резцом с полным профилем (рис. 10.13).

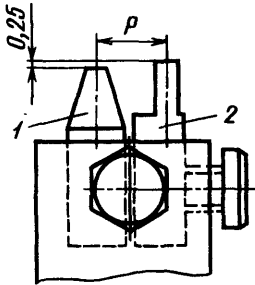


Рис. 10.13. Блок из двух резцов для нарезания трапецидальной резьбы:

1 — трапецидальный (профильный) резец, 2 — прорезной резец

**Нарезание многозаходных резьб.** Винтовые канавки многозаходных резьб обрабатывают способами, применяемыми для нарезания однозаходных резьб соответствующего профиля. При этом точность деления винтовых канавок в соответствии с числом заходов резьбы обеспечивается различными способами.

При нарезании резьбы на валиках, устанавливаемых в центрах, применяют поводковый патрон с вырезами для нарезания двух-, трех- и четырехзаходной резьб (рис. 10.14, а) или патрон (рис. 10.14, б), на поводковой части 5 которого нанесены деления. Поводковая часть патрона поворачивается относительно корпуса 6 на 180° (при двухзаходной резьбе), 120° (при трехзаходной) и 90° (при четы-

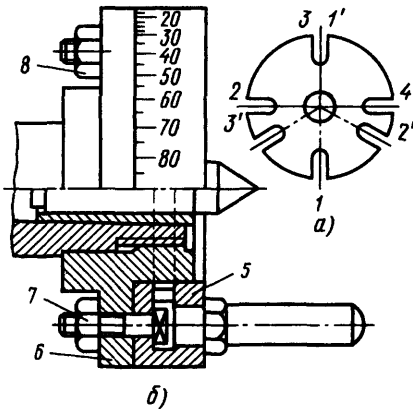


Рис. 10.14. Патроны для нарезания многозаходных резьб:

а — поводковый, б — градуированный; 1, 2, 3 и 4 — прорезы для нарезаний двух- и четырехзаходной резьбы, 1', 2' и 3' — прорезы для нарезания трехзаходной резьбы, 5 — поводковая часть, 6 — корпус, 7 и 8 — гайки

решающей). Угол поворота  $\delta = 360^\circ / z$ , где  $z$  — число заходов, фиксируется гайками 6 и 8 (рис. 10.14, б).

Для перехода от одной винтовой канавки к другой в соответствии с числом заходов используют верхний суппорт станка, направляющие которого установлены параллельно оси детали. После нарезания первой винтовой канавки резец отводят от детали и поперечными и верхними салазками перемещают его вдоль детали на шаг резьбы. Для определения шага используют лимб винта верхних салазок суппорта, набор мерных плиток и др.

Для нарезания многозаходной резьбы применяют также резцовые блоки, в которых резцы своими вершинами установлены на одном уровне с шагом, равным шагу нарезаемой резьбы.

#### 10.4. Нарезание резьбы плашками и метчиками

**Нарезание резьб плашками.** Для нарезания наружной резьбы на винтах, болтах, шпильках и других деталях применяют плашки (рис. 10.15, а—д). Участок детали, на котором необходимо нарезать резьбу плашкой, предварительно обрабатывают. Диаметр обработанной поверхности должен быть несколько меньше наружного диаметра резьбы: на 0,1—0,2 мм для метрической резьбы  $\varnothing 6$ —10 мм, на 0,12—0,24 мм для резьбы  $\varnothing 11$ —18 мм, на 0,14—0,28 мм для резьбы  $\varnothing 20$ —30 мм. Для образования захода резьбы в начале нарезаемой поверхности снимают фаску, соответствующую высоте профиля резьбы.

Плашку устанавливают в плашкодержатель (патрон), который закрепляют в пинноли задней бабки или в гнезде револьверной головки. При нарезании

резьбы скорость резания  $v = 3 \div 5$  м/мин для стальных,  $v = 2 \div 3$  м/мин для чугунных и  $v = 10 \div 15$  м/мин для латунных заготовок.

**Нарезание резьб метчиками.** Внутренние метрические резьбы диаметром до 50 мм часто нарезают метчиками. Обычно применяют машинные метчики, что позволяет нарезать резьбу за один рабочий ход. Для нарезания резьбы в деталях из твердых и вязких материалов применяют комплекты, состоящие из двух или трех метчиков. В комплекте из двух метчиков первый (черновой) выполняет 75 % всей работы, а второй (чистовой) доводит резьбу до требуемого профиля. В комплекте из трех метчиков первый (черновой) выполняет 60 % всей работы, средний (получистовой) — 30 % и третий (чистовой) — 10 %. Метчики в комплекте различают по длине заборной части, наибольшая длина заборной части у чернового метчика.

В отверстиях с прерывистой поверхностью, имеющей пазы (канавки), резьбу нарезают метчиками с числом канавок, не кратным числу пазов на обрабатываемой поверхности. В этих же целях и для нарезания глубоких отверстий длиной более двух диаметров применяют метчики с винтовыми канавками (рис. 10.16, а). Направление винтовой канавки метчика должно быть таким же, как и у нарезаемой резьбы (правая канавка для правой резьбы, левая — для левой).

Для нарезания коротких сквозных метрических резьб  $\varnothing 1,5$ —8 мм и длиной, равной 1,5—2,0 диаметра, применяют бесканавочные метчики (рис. 10.16, б), которые обладают большей прочностью, чем обычные, и обеспечивают более высокое качество резьбы.

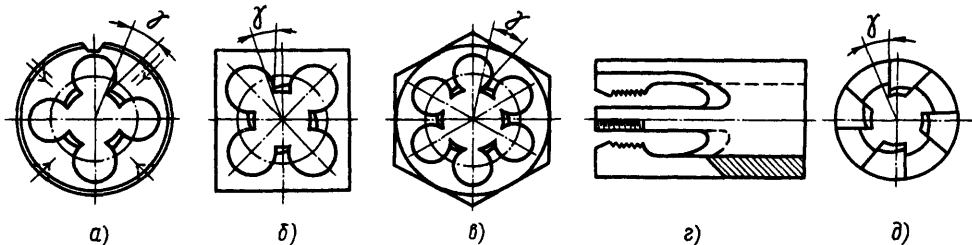


Рис. 10.15. Резьбонарезные плашки:

а — круглая, б — квадратная, в — шестигранная, г, д — трубчатая,  $\gamma$  — передний угол

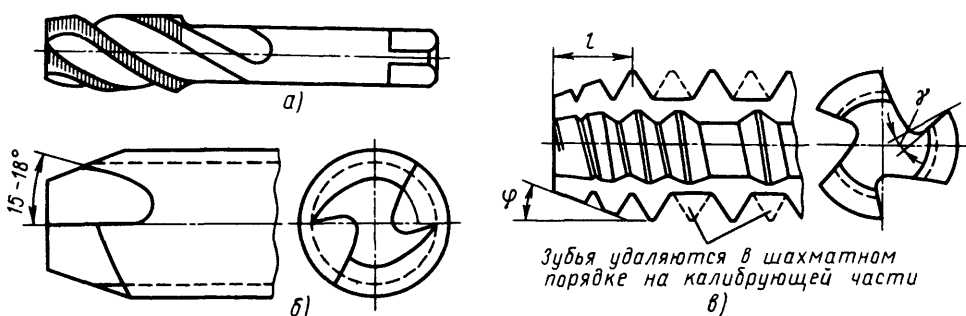


Рис. 10.16. Метчик со специальной геометрией:

*a* — с винтовыми канавками, *б* — бесканавочный, *в* — с расположением зубьев в шахматном порядке;  $\gamma$  — передний угол,  $\varphi$  — угол заточки на длине  $l$

При нарезании коротких сквозных резьб в деталях из вязких материалов применяют метчики с расположением зубьев в шахматном порядке (рис. 10.16, *в*). Преимущество таких метчиков заключается в том, что в процессе их работы снижается трение, улучшается процесс стружкообразования и облегчается подвод смазочно-охлаждающей жидкости.

При установке метчика в револьверную головку на его хвостовик надевают и закрепляют винтом кольцо, вместе с которым метчик устанавливают в патрон для плашек.

Скорость резания  $v = 5 \div 12$  м/мин для нарезания резьбы метчиками в стальных заготовках;  $v = 6 \div 22$  м/мин — в чугунных, бронзовых и алюминиевых заготовках. Нарезание резьбы производят с охлаждением эмульсий или маслом.

## 10.5. Нарезание резьбы многониточными резцами

Многониточные резцы по конструкции подразделяют на стержневые, призматические и круглые резьбовые гребенки (рис. 10.17, *a—в*). Круглые резьбовые гребенки выполняют с кольцевой и винтовой резьбой. Чтобы при нарезании резьбы гребенкой нагрузка распределялась на большее число зубьев, часть из них срезают под углом  $\varphi = 25 \div 30^\circ$ , образуя заборную часть, а остальные зубья составляют калибрующую часть. Эти резцы можно многократно перетачивать, сохраняя при этом первоначальную точность профиля резьбы.

Нарезание резьбы гребенками является более производительным способом об-

работки, так как зубья гребенки — это ряд последовательно расположенных резцов, работающих одновременно. При этом полный профиль резьбы получают за один-два рабочих хода. Круглые гребенки с кольцевой нарезкой предназначены для нарезания резьбы с небольшим углом подъема, а при больших углах подъема применяют гребенки с винтовой нарезкой. Углы подъема винтовой линии гребенки и нарезаемой резьбы должны быть близки по значению. Поэтому диаметр гребенки либо равен наружному диаметру резьбы, либо в кратное число раз больше его, соответственно которому увеличивается число заходов гребенки. Направление резьбы гребенки должно быть противоположным направлению нарезаемой резьбы.

Диаметр гребенки для нарезания внутренней резьбы должен быть несколько меньше диаметра нарезаемой резьбы, а поэтому угол подъема винтовой линии гребенки должен быть несколько больше угла подъема винтовой линии нарезаемой

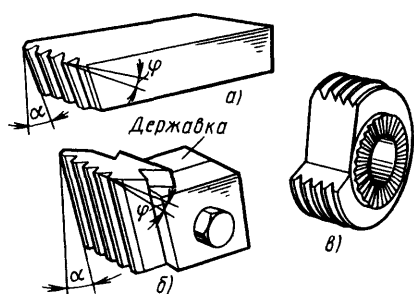


Рис. 10.17. Резьбовые гребенки:

*a* — стержневая, *б* — призматическая, *в* — круглая

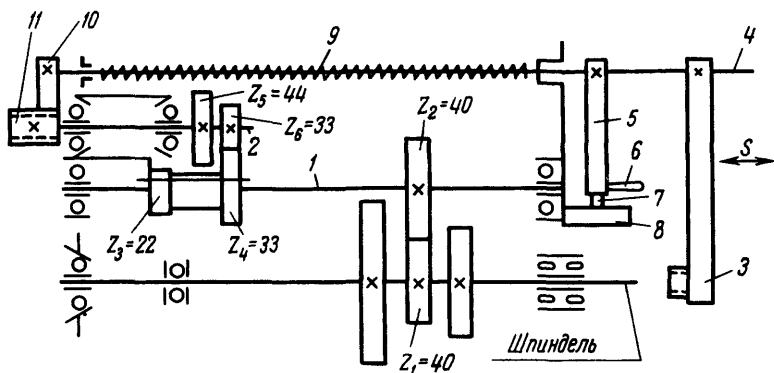


Рис. 10.18. Схема резьбонарезного устройства — приклонна

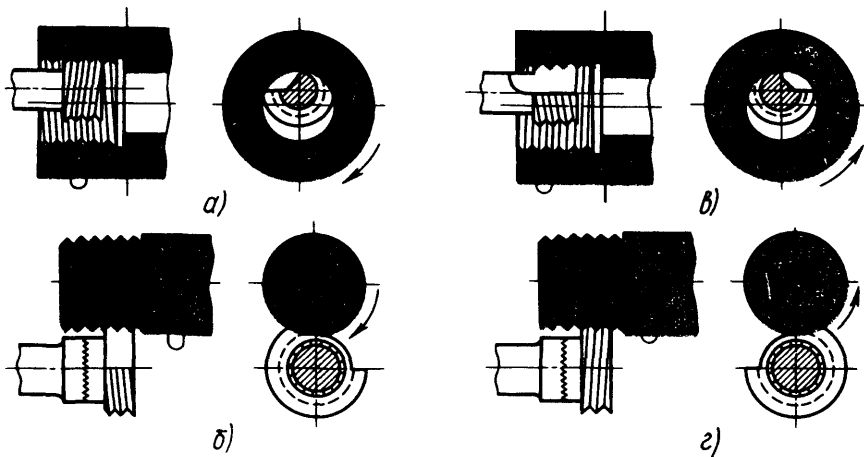


Рис. 10.19. Схема (а—г) нарезания резьбы гребенками

резьбы. Направление резьбы гребенки должно совпадать с направлением нарезаемой резьбы.

Нарезать резьбу резцами и гребенками на токарных и токарно-револьверных станках можно при наличии специального копирующего приспособления — приклонна (рис. 10.18). От шпинделя вращение передается через зубчатые колеса  $z_1$  и  $z_2$  валу 10, на котором находится подвижный блок колес  $z_3$  и  $z_4$ , передающих вращение валу 11 через зубчатые колеса  $z_5$  или  $z_6$ . Блок может занимать промежуточное положение и не входить в зацепление с колесами  $z_5$  и  $z_6$ ; в этом случае вал 11 не вращается. На валу 11 установлен сменный копир 1, на поверхности которого нарезана резьба. В зацепление с копиром

входит гребенка 2, которая валом 4 соединяется с суппортом 9. В суппорте закрепляют резьбонарезной резец или резьбонарезную гребенку. Рукояткой 6 рычаг 5 со штифтом 7 опускается на линейку 8, в результате чего резец касается заготовки. Одновременно гребенка 2 входит в зацепление с копиром 1. В исходное положение вал 4 возвращается пружиной 3. Если в зацеплении находятся колеса  $z_4$  и  $z_6$ , то передаточное отношение равно единице и шаг нарезаемой резьбы на детали равен шагу резьбы на копира. Если в зацеплении находятся колеса  $z_3$  и  $z_5$ , шаг нарезаемой резьбы равен половине шага резьбы копира (передаточное отношение  $u = 1 : 2$ ). На рис. 10.19 показаны схемы нарезания резьбы гребенками.

## 10.6. Нарезание резьбы резьбонарезными головками

Резьбонарезные головки применяют для нарезания наружной и внутренней резьб. В винторезных головках применяют радиальные, тангенциальные и круглые гребенки (рис. 10.20, *а—в*). Резьбонарезные головки самооткрывающиеся, т. е. в конце нарезания резьбы их плашки или гребенки автоматически расходятся и при обратном ходе не соприкасаются с резьбой.

При нарезании наружной резьбы наиболее распространены головки с круглыми гребенками, так как они просты по конструкции, позволяют работать с большим числом переточек и обладают большей стойкостью, чем радиальные и тангенциальные гребенки.

На рис. 10.21, *а* приведена конструкция винторезной головки для нарезания наружной резьбы круглыми резьбонарезными гребенками 2 с кольцевой нарезкой 3 на кулачках 4 и крепят винтами 1 равномерно по окружности на равном расстоянии от центра в зависимости от диаметра нарезаемой резьбы.

Опорная поверхность кулачков обеспечивает угол наклона  $\varphi$  витков резьбонарезных гребенок, а также смещение витков соседних гребенок на  $1/2$  шага резьбы, где  $z$  — число гребенок. Пружинами 5 через штифты 13 кулачки 4 прижимаются к обойме 7, которая посредством рукоятки 12 может перемещаться вдоль корпуса 6. В рабочем положении (см. рис. 10.21, *а*)

резьбонарезные гребенки сведены, так как кулачки 4 своими выступами *М* упираются в обойму 7. Настройку резьбонарезных гребенок на размер производят или по готовой детали, или по проходному рабочему резьбовому калибру, которые устанавливают в рабочую зону. Изменение размера производят поворотом кольца 9 винтами 14. Вместе с кольцом 9 посредством штифта 8 поворачивается корпус 6 с кулачками 4, которые, перемещаясь по скошенным поверхностям  $\Gamma$  обоймы 7, удаляются или приближаются к оси головки.

Резьбонарезную головку устанавливают и закрепляют хвостовиком 10. Зазор между корпусом 6 и хвостовиком 10 выбирается пружиной 11. Резьбу нарезают с принудительной подачей головки, равной шагу нарезаемой резьбы. Нарезать резьбу можно и головкой, перемещающейся самооттягиванием. На определенном расстоянии до конца рабочего хода подача прекращается и головка останавливается. При этом останавливаются хвостовик 10 и обойма 7, а корпус 6, увлекаемый резьбой детали, продолжает перемещаться. В результате выступы *М* кулачков 4 выходят из обоймы 7 и кулачки вместе с гребенками 2 под действием пружин 5 расходятся, освобождая обрабатываемую деталь. Возврат резьбонарезных гребенок в исходное положение, а также остановку процесса обработки резьбы производят поворотом рукоятки 12.

Внутреннюю резьбу чаще нарезают резьбонарезными головками с призматическими гребенками

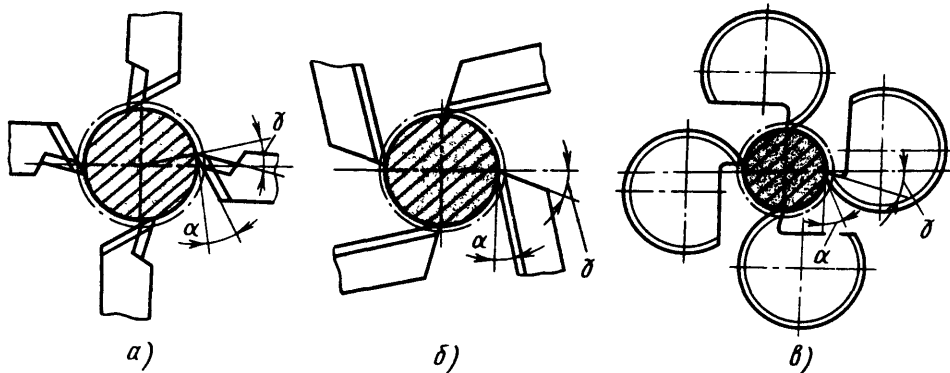


Рис. 10.20. Типы резьбонарезных головок:  
*а* — радиальная, *б* — тангенциальная, *в* — круглая

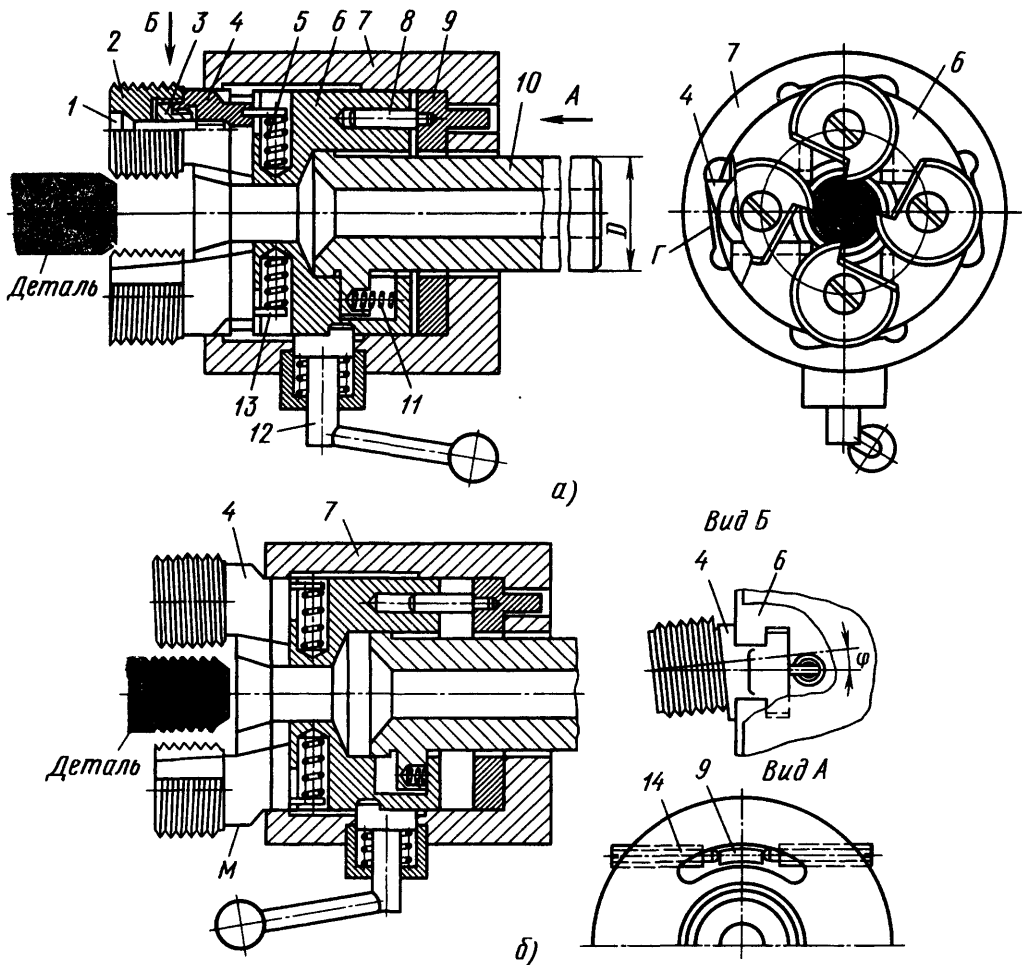


Рис. 10.21. Невращающаяся винторезная головка:  
 а — в рабочем положении, б — с открытыми гребенками

ми, режущие кромки которых располагаются на одном диаметре и имеют заходный конус. Число гребенок в комплекте зависит от размера головки. Гребенки смещены в комплекте относительно друг друга в соответствии с углом подъема винтовой линии нарезаемой резьбы.

Гребенки 2 (рис. 10.22) расположены в радиальных пазах корпуса 6 резьбонарезной головки, торец которого закрыт фланцем 1. Гребенки 2 могут перемещаться по конической части втулки 4, в результате чего изменяется расстояние от оси головки до рабочей части гребенки. Втулка 4 связана с тягой 5 и перемещается внутри корпуса 6 (вдоль оси) с сердечни-

ком 10 под действием пружины 13 или от рукоятки 11 с шаровым наконечником 8. Тяга 5 связана с втулкой резьбовым соединением, а с сердечником 10 — проточкой, в которую входит стопор 7. Корпус 6 имеет паз, по которому перемещается рукоятка 11. Настройку резьбонарезных гребенки на размер производят по рабочему резьбовому калибру, эталонной детали или по кольцу, внутренний диаметр которого равен наружному диаметру резьбы.

Настройку на размер резьбонарезных гребенок производят при снятых фланце 1 и стопоре 17. В освободившееся отверстие на шлицы 3 вставляют торцовый ключ, которым поворачивают по резьбе



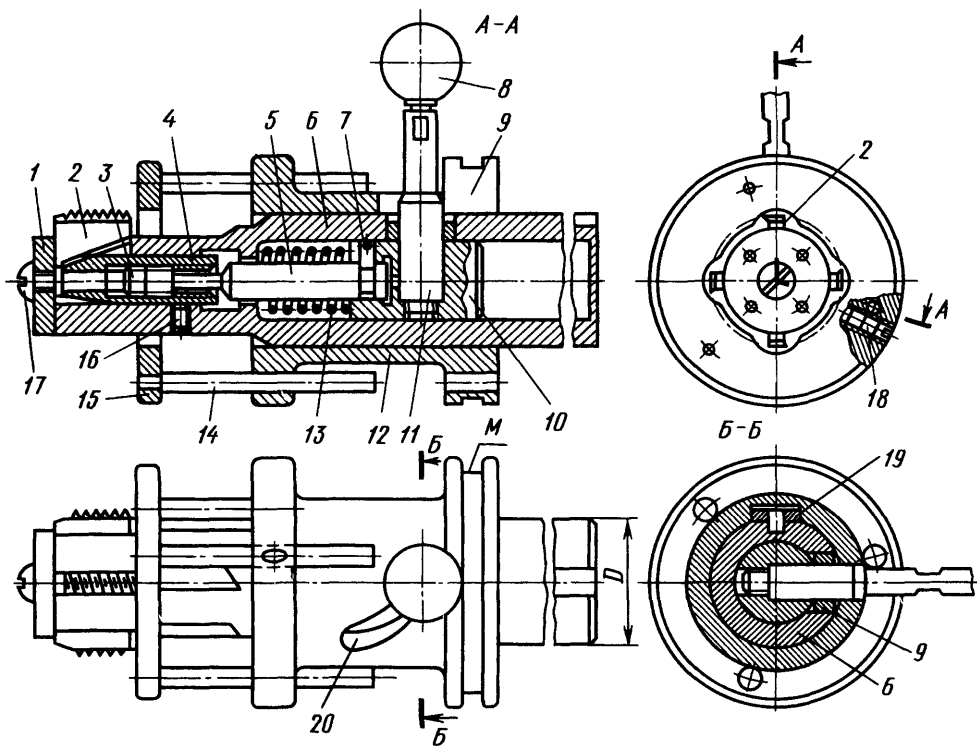


Рис. 10.22. Невращающаяся винторезная головка для нарезания внутренней резьбы

тягу 5 внутри втулки 4. Последняя удерживается от вращения стопором 16, который входит в осевой паз. Вращая тягу 5, можно выдвигать или убирать внутрь корпуса 6 коническую часть втулки 4. При этом гребенки 2 или выдвигаются, увеличивая наружный диаметр резьбы, или сдвигаются к оси головки, уменьшая диаметр резьбы.

Автоматическое отключение головки при окончании нарезания резьбы производится кольцом 15, которое упирается в торец детали.

Кольцо 15 устанавливают на нужный размер, перемещая на стержнях 14 относительно муфты 9, и фиксируют в нужном положении стопорами 18 в корпусе 12. Муфта 9 может перемещаться вдоль корпуса 6, а от проворота удерживается шпонкой-роликом 19. При окончании нарезания резьбы кольцо 15 упирается в торец детали, а муфта 9 останавливается. Корпус 6 продолжает перемещаться и фигурный паз 20 муфты 9 поворачивает рукоятку 11 и выводит ее в корпусе 6 из прямого участка на фигурный участок паза, направленного в сторону хвостовика. При этом пружина 13 смещает сердечник 10 вместе с клином 4 в сторону хвостовика, сводит гребенки к оси головки и выводит их из резьбы. Это позволяет быстро отвести головку в исходное положение.

При нарезании длинных винтов и червяков применяют резцовые головки, которые устанавливают на суппорте станка. Резцовая головка состоит из корпуса, вращающегося от отдельного привода. В корпусе закрепляют от одного до

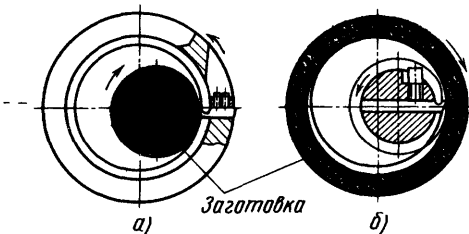


Рис. 10.23. Схема нарезания резьбы вихревым методом:

а — наружной, б — внутренней

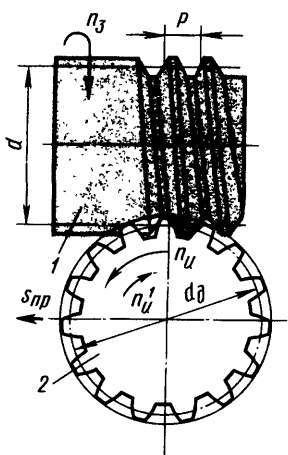


Рис. 10.24. Схема нарезания резьбы чашечным резцом:

1 — заготовка, 2 — чашечный резец,  $n_u'$  — направление вращения резца, совпадающее с направлением подачи

четырёх резцов, профиль которых соответствует профилю нарезаемой резьбы. Особенностью этого способа нарезания резьбы является то, что резцовую головку устанавливают эксцентрично относительно оси заготовки, на которой нарезается резьба (рис. 10.23, а, б), и под углом, обеспечивающим траекторию движения резцов соответственно углу подъема винтовой линии нарезаемой резьбы. Таким образом, при вращении головки резцов, закрепленной в ней, описывает окружность, диаметр которой больше диаметра заготовки и, периодически вступая в контакт с заготовкой, срезает серповидную стружку по профилю резьбы. Подача на шаг нарезаемой резьбы осуществляется суппортом станка. Резьбу выполняют, как правило, за один рабочий ход. При вихревом способе нарезания резьбы скорость резания соответствует скорости перемещения резца и находится в пределах 150—450 м/мин: круговая подача заготовки равна 0,2—0,8 мм/об головки при обработке наружных резьб и не более 0,2 мм/об оправки при обработке внутренних резьб.

При нарезании длинных винтов и червяков могут применяться головки с чашечными резцами, устанавливаемыми на суппорте станка. Резцовая головка представляет собой корпус, в котором на оси

в вертикальной плоскости свободно вращается чашечный резец. Каждый зуб чашечного резца, выполненный в виде зубчатого колеса, представляет собой резец с необходимыми углами резания (рис. 10.24). Резьбу нарезают торцом чаши. Число рабочих ходов и скорость подачи вдоль заготовки зависят от глубины обрабатываемого профиля резьбы. Поэтому при нарезании резьбы способом обкатки можно получить полный профиль резьбы за один или несколько рабочих ходов.

## 10.7. Накатывание резьбы

Обработка резьбы накатыванием осуществляется копированием профиля накатного инструмента за счет его вдавливания в металл заготовки. На токарных, токарно-револьверных станках и автоматах производят накатывание резьбы диаметром от 5 до 25 мм одним роликом (рис. 10.25). Резьбу накатывают при вращении заготовки 1 в патроне или канге с поступательным перемещением суппорта станка вместе с накатником 3, в который вмонтирован ролик 2. При этом необходимо следить за деформацией заготовки под действием односторонней радиальной силы.

Накатывание резьбы до 50 мм происходит в более благоприятных условиях с применением резьбонакатных головок (рис. 10.26) с тремя роликами и более. Ролики могут быть самораскрывающимися и нераскрывающимися. Ролики выпоняют с кольцевой и винтовой нарезкой. Ролики с кольцевой нарезкой устанавливают в головке под углом подъема винто-

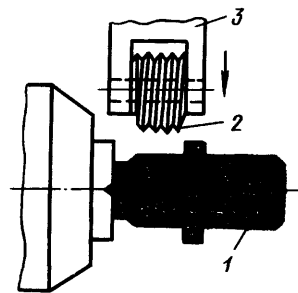


Рис. 10.25. Схема накатывания резьбы роликом

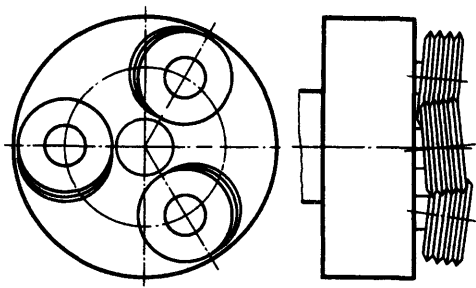


Рис. 10.26. Резьбонарезная головка

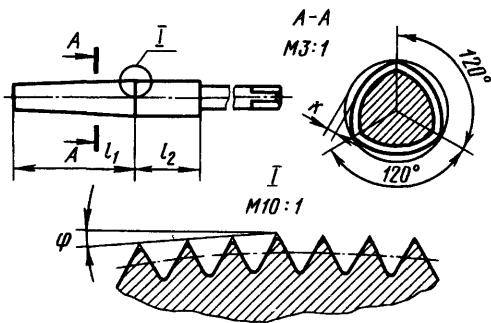


Рис. 10.27. Раскатник для внутренней резьбы

для глухих и  $l_1 = (10 \div 20)P$  для сквозных отверстий. Калибрующая часть выполнена с цилиндрической резьбой длиной  $l_2 = (5 \div 8)P$ . По всей рабочей части раскатника выполнена огранка  $K = 0,2 \div 0,6$  мм для уменьшения сил трения. В процессе работы раскатник вращается относительно детали с принудительной подачей вдоль оси.

## 10.8. Контроль резьбы

Шаг резьбы измеряют резьбовыми шаблонами. Резьбовой шаблон представляет собой пластинку 2 (рис. 10.28), на которой нанесены зубцы с шагом резьбы, обозначаемым на плоскости шаблона. Набор шаблонов для метрической или дюй-

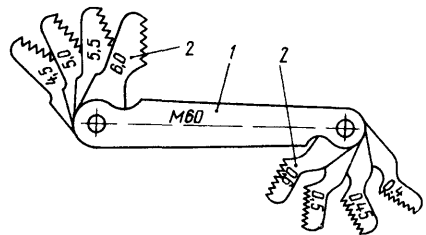


Рис. 10.28. Резьбовые шаблоны

вой линии накатываемой резьбы и смещают один относительно другого на  $1/z$  шага, где  $z$  — число роликов в комплекте. Ролики с винтовой нарезкой устанавливают параллельно оси заготовки.

Резьбонакатные головки по принципу работы не отличаются от резьбонарезных головок. Накатывание резьбы производится, как правило, при самозатягивании головки, поэтому осевая подача инструмента на заготовку необходима только в начальный период, пока ролики не захватят заготовку. При накатывании поверхность резьбы получается с уплотненными слоями и без микронеровностей, характерных для обработки резанием, что повышает прочность резьбы детали. Резьбы можно накатывать на заготовках из различных материалов, относительное удлинение которых  $\delta \geq 12\%$ . При накатывании резьбы рекомендуется применять смазочно-охлаждающие жидкости (эмульсию или масло).

Для получения резьбы способом пластической деформации на внутренней поверхности применяют раскатники (рис. 10.27). Раскатник имеет заборную часть с конической резьбой длиной  $l_1 = 3P$

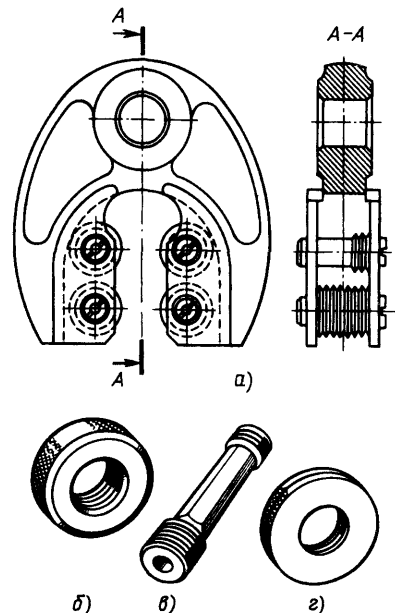


Рис. 10.29. Резьбовые калибры:

а — предельная резьбовая роликовая скоба, б — проходное кольцо, в — резьбовой калибр, г — непроходное кольцо

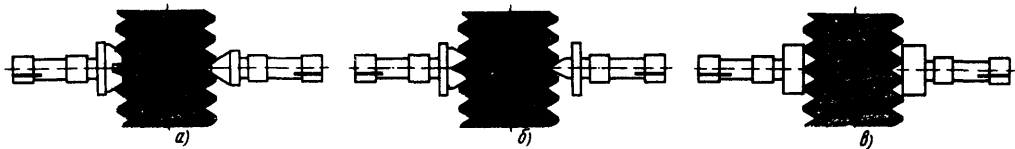


Рис. 10.30. Схема измерения микрометром среднего (а), внутреннего (б) и наружного (в) диаметров резьбы

мовой резьбы скрепляют в кассету 1. Резьбовыми шаблонами определяют только шаг резьбы.

Комплексную оценку правильности выполненной резьбы производят (рис. 10.29, а—г) резьбовыми калибрами. Их разделяют на проходные, которые имеют полный профиль резьбы и являются как бы прототипом детали с резьбовым соединением, и непроходные, контролирующие только средний диаметр и имеющие укороченный профиль. Перед контролем проверяемые детали необходимо очистить от стружки и грязи. С калибрами следует обращаться осторожно, чтобы на рабочей резьбовой поверхности не появились забоины и царапины.

Для измерения наружного, среднего, внутреннего диаметров и шага резьбы применяют резьбовые микрометры (рис. 10.30). Резьбовой микрометр имеет в шпинделе и пятке посадочные отверстия, в которые устанавливаются комплекты

сменных вставок, соответствующие измеряемым элементам резьбы. Для удобства измерений резьбовой микрометр закрепляют в стойке и настраивают по шаблону или эталону резьбы. При настройке микрометра по резьбовым эталонам погрешность измерений составляет 0,01—1 мм.

#### Контрольные вопросы

1. Назовите основные элементы резьбы.
2. Чем отличаются однозаходные резьбы от многозаходных?
3. Какое основное назначение резьб?
4. Как настраивают станок на нарезание резьбы?
5. Назовите способы нарезания наружной и внутренней резьбы.
6. Как нарезают прямоугольные, трапециевидные и многозаходные резьбы?
7. Какие известны высокопроизводительные способы обработки резьбы?
8. Как измеряют резьбу?

## 11. Отделочная и упрочняющая обработка поверхностей деталей

### 11.1. Доводка поверхностей деталей

Отделочную обработку на токарных станках производят в тех случаях, когда необходимо повысить точность и качество обработанной поверхности. Это достигается тонкой пластической деформацией, доводкой, накаткой и другими способами. Доводку применяют для повышения точности и снижения шероховатости обработанной поверхности. Эта отделочная операция обеспечивает точность геометрической формы обрабатываемой поверхности до 0,1—0,3 мкм с шероховатостью  $Ra=$

0,04 ÷ 0,02 мкм. Тонкая пластическая деформация обработанной поверхности алмазным выглаживанием снижает шероховатость до значений 0,02—0,16 мкм при незначительном упрочнении поверхностного слоя, при обкатывании  $Ra=0,4 ÷ 0,05$  мкм, но при этом наклепанный слой металла распространяется в глубину до 3 мм, чем обеспечивается повышение твердости обработанной поверхности до 30 %.

Доводка или притирка заключается в том, что съем металла с обработанной поверхности производится абразивными зернами, свободно распределенными

в пасте или суспензии, при перемещении притира или доводника.

Притирка и доводка могут быть абразивной, химико-механической и электрохимико-механической. При абразивной обработке используют абразивные инструменты, пасты и суспензии на основе абразивного материала, твердость которого значительно выше твердости обрабатываемого материала. При абразивной доводке абразивные зерна, находясь между деталью и притиром, вдавливаются в поверхность притира, твердость которого ниже обрабатываемой поверхности. При взаимном перемещении детали и притира абразивные зерна, закрепившись в поверхностном слое притира, снимают тончайшие стружки с обрабатываемой поверхности детали.

При химико-механической доводке под действием кислот, входящих в состав паст, на поверхности детали образуется пленка из химических соединений, которая удаляется абразивными зернами при перемещении притира.

Электрохимико-механическую обработку применяют в основном для отделки твердосплавного режущего инструмента и жаропрочных материалов.

Для доводки и притирки деталей применяют различные пасты, многие из них изготавливают на предприятиях из карбида кремния и электрокорундов.

Различают следующие виды притирки: грубую с применением шлифпорошков зернистостью 25—63, при которой обеспечивается шероховатость обработанной поверхности  $Ra = 0,80 \div 0,40$  мкм, предварительную — микропорошками зернистостью M20—M40 для достижения шероховатости обработанной поверхности  $0,16—0,63$  мкм, получившую — с применением микропорошков зернистостью M10—M14 для достижения  $0,08—0,16$  мкм и окончательную — микропорошками с зернистостью M1—M5 для достижения  $Ra = 0,02 \div 0,04$  мкм.

На результаты доводочных операций существенное влияние оказывают притиры. Их изготавливают из стали, чугуна, меди, бронзы, твердых и вязких пород дерева и др. Наиболее распространены притиры из чугуна. Они должны иметь плотную и однородную структуру в сечении

ях по всем направлениям. Твердость притиров НВ 190—230.

Стальные притиры по сравнению с чугунными имеют более высокие показатели по износостойкости и прочности и низкую шаржируемость. Их применяют при доводке эльборовыми и алмазными пастами.

Чем мельче зернистость эльборовых и алмазных паст, тем мягче должен быть материал притира. Окончательные операции доводки осуществляют притирами из текстолита, цветных металлов, самшита, липы и др. Применяют также составные притиры, набранные из материалов разной твердости. Изготавливают притиры для черновой и чистовой обработки. Первые имеют углубления для размещения пасты и снятого материала, вторые их не имеют.

Притиры для доводки отверстий изготавливают в виде втулок, насаженных на оправки. Применяют регулируемые и нерегулируемые притиры. Нерегулируемые притиры с постоянным наружным диаметром применяют для доводки отверстий малых диаметров, конических и резьбовых поверхностей. Регулируемые притиры имеют разрезную рубашку с внутренним конусом и разжимное устройство, которое при осевом перемещении внутри рубашки притира может увеличивать диаметр притира (рис. 11.1). Начальный диаметр притира обычно на  $0,005—0,03$  мм меньше обрабатываемого отверстия. Длина рабочей части поверхности притира составляет для сквозных отверстий  $1,2—1,5$  глубины обрабатываемого отверстия, а для глухих отверстий — меньше его глубины. При обработке точных отверстий биение притира на оправке должно быть не более  $0,01—0,2$  мм, а отклонение от цилиндричности — не более  $0,005—0,01$  мм.

Если к точности обработки не предъявляют высоких требований, применяют упругие притиры. Упругие притиры могут быть изготовлены из навитой проволоки и пластинчатые.

Притиры для доводки наружных поверхностей деталей выполняют в виде колец и дисков. Форма кольца-притира должна соответствовать форме наружной поверхности обрабатываемой детали. Для черновой обработки диаметр кольца должен быть на  $0,1—0,15$  мм, а для чистовой — на  $0,03—0,08$  мм больше наружного

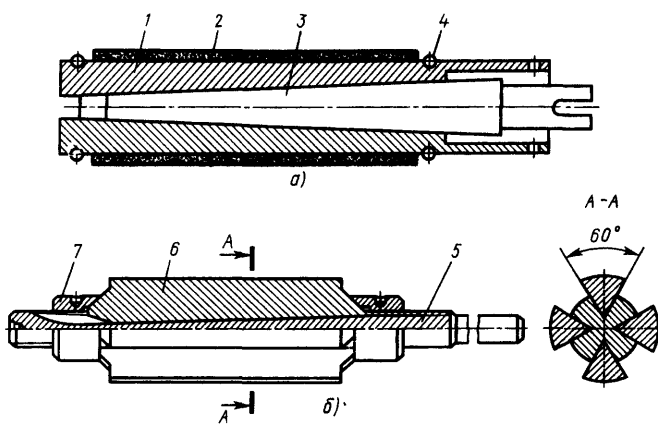


Рис. 11.1. Притиры для доводки отверстий:

*a* — с алмазосодержащим покрытием 2, *b* — универсальный; 1 — раздвижной корпус, 3 — коническая оправка, 4 — кольцевая пружина, 5 — валик с пазами переменной глубины, 6 — притирочные планки, 7 — зажимные гайки

диаметра обрабатываемой заготовки. Кольца-притиры бывают разрезные и неразрезные. Чтобы разрезное кольцо-притир можно было регулировать, в процессе доводки применяют держатели, конструкция которых позволяет изменять диаметр кольца-притира.

При доводке внутренних и наружных поверхностей деталей применяют притиры, в которых закреплены абразивные бруски или ленты с нанесенным абразивным слоем.

На токарных станках обрабатываемую заготовку 3 обычно закрепляют в канге или патроне 4 (рис. 11.2) станка, а возвратно-поступательное движение притира 1 осуществляют вручную. Для создания необходимого натяга между обрабатываемой поверхностью и рабочей поверхностью притира имеется обойма 2, перемещаемая по наружной конической поверхности притира 1. Для лучшего удержания притира в руке на поверхности обоймы 2 имеется накатка. В процессе обработки притир плавно перемещают вдоль вращающейся детали. При этом между притиром и деталью создают небольшой натяг. При таком способе обработки обеспечивается геометрическая точность поверхности детали в пределах 0,5—2 мкм с шероховатостью поверхности по  $Ra$  0,02—0,04 мкм.

Доводка может включать несколько операций, количество которых зависит от требований к точности и шероховатости поверхности. Если требуемая точность об-

работки 3—5 мкм и  $Ra$  0,16 мкм, то доводку выполняют за одну операцию с припуском, равным 0,03—0,05 мм. Если точность обработки 1—2 мкм и  $Ra$  0,08 мкм, доводку осуществляют за две операции; причем припуск на вторую операцию составляет 0,01—0,03 мм.

Для обеспечения стабильности процесса доводки распределение размеров партии деталей на каждой операции не должно превышать 0,2—0,3 припуска. Это обеспечивается предварительной сортировкой деталей по размерам.

Давление оказывает значительное влияние на эффективность доводки. Установлено, что при увеличении давления от 0,25 до 0,3 МПа и выше рост производительности снижается. Наиболее рациональное давление в пределах 0,1—0,2 МПа при предварительных и 0,05—0,1 МПа и ниже на окончательных операциях доводки деталей из закаленных

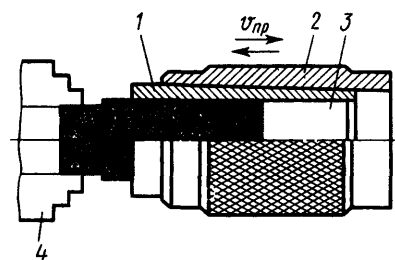


Рис. 11.2. Притиры для ручной доводки наружных поверхностей

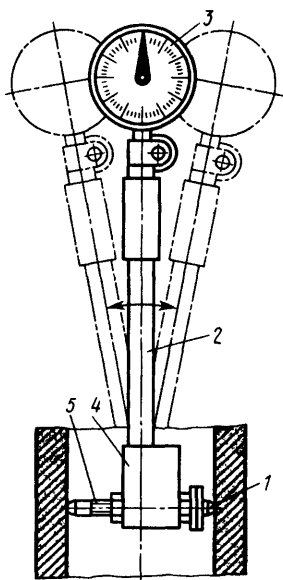


Рис. 11.3. Схема измерения индикаторным нутромером

сталей. При обработке деталей из закаленных и мягких материалов давление снижают в 2—3 раза. Интенсивность давления к концу операции должна уменьшаться.

Производительность обработки возрастает с увеличением скорости рабочего движения до 200 м/мин. При этом увеличение скорости рабочего движения может отразиться на снижении точности и привести к нагреву обрабатываемой поверхности. На предварительных операциях скорость рабочего движения составляет 40—120 м/мин, на окончательных — 15—30 м/мин и ниже. Скорость возвратно-поступательного движения доводчика относительно обрабатываемой поверхности

выбирают в пределах 0,2—0,4 скорости рабочего движения.

Для измерения размера отверстия применяют индикаторные нутромеры (рис. 11.3). Прибор вводят в измеряемое отверстие корпусом 4 с измерительными наконечниками; регулируемым 5 и подвижным 1, который связан рычагами внутри держателя 2 с индикатором 3. При измерении индикаторный нутромер следует покачивать, с тем чтобы найти наименьшее показание, соответствующее размеру отверстия в измеряемом сечении детали.

Для измерения наружного диаметра детали применяют рычажные скобы. Индикаторную скобу 9 (рис. 11.4) устанавливают на детали так, что измеряемая поверхность располагается между пяткой 12 регулируемого измерительного наконечника, который фиксируется винтом 10 и защищается колпачком 11, и подвижным измерительным наконечником 2. Последний прижимается к измеряемой поверхности пружиной 3. Положение детали относительно измерительных наконечников определяется подвижным упором 1, который закрепляется винтом 7. При установке скобы на деталь подвижный наконечник отводится арретиром 6. При измерении диаметра детали перемещение подвижного наконечника передается индикатору 4, который крепится в скобе винтом 5. Чтобы исключить влияние теплоты на результат измерения, скоба снабжена накладками 8.

## 11.2. Выглаживание поверхностей деталей. Алмазное выглаживание

Выглаживание заключается в пластическом деформировании обработанной поверхности скользящим по ней инструментом с целью уменьшить или полностью сгладить неровности поверхности от предшествующей обработки. При этом уменьшение шероховатости поверхности детали сопровождается повышением твердости ее поверхностного слоя. После каждого оборота обрабатываемой детали след от инструмента перемещается в осевом направлении на подачу (рис. 11.5, а). Так как ширина канавки от инструмента больше

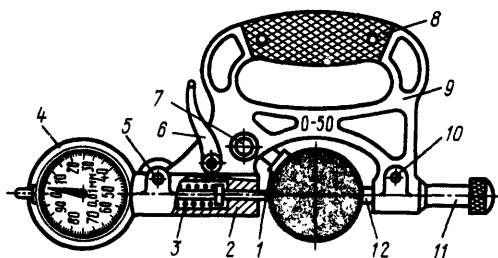


Рис. 11.4. Рычажная скоба

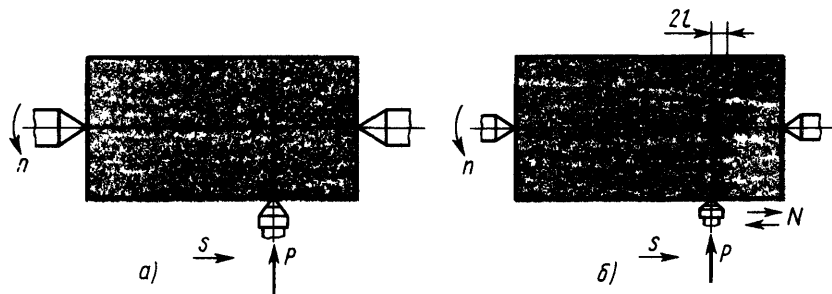


Рис. 11.5. Схемы выглаживания:

а — с поступательным перемещением инструмента, б — с возвратно-поступательным движением инструмента

подачи, то происходит многократное перекрытие следов от инструмента.

Применяют также выглаживание с наложением на инструмент возвратно-поступательных перемещений — в и б р о в ы г л а ж и в а н и е (рис. 11.5, б). В результате на поверхности детали образуется синусоидальный след. Различные сочетания соседних следов создают на обрабатываемой поверхности различные комбинации пересекающихся следов (рис. 11.6, а—д). Следует стремиться, чтобы на поверхности детали следы от инструмента располагались параллельно, т. е. совпадали по фазе, или были направлены навстречу друг другу, находились в противофазе. Это условие достигается в том случае, когда отношение  $i = N/n$ , где  $N$  — число двойных ходов инструмента, а  $n$  — частота вращения детали, является целым числом (например,  $i = 58$ , рис. 11.6, а) или целым числом с половиной (например,  $i = 58,5$ ,

рис. 11.6, в). Промежуточные значения  $i$  дают искаженную сетку (рис. 11.6, б). Плотность расположения следов сетки на поверхности детали также зависит от отношения  $K = N/S$ , где  $N$  — число двойных ходов инструмента и  $S$  — подача. При увеличении значения  $K$  плотность следов на поверхности детали увеличивается (рис. 11.6, г).

Выглаживание производят инструментом со сферической рабочей частью (рис. 11.7). Сферическая форма рабочей части инструмента является более универсальной, так как позволяет обрабатывать наружные и внутренние поверхности деталей. Инструмент для выглаживания представляет собой металлическую оправку с закрепленной в ней рабочей частью из природного и синтетического алмаза. Стойкость природных и синтетических кристаллов алмаза примерно одинакова и в зависимости от свойств обрабатываемой

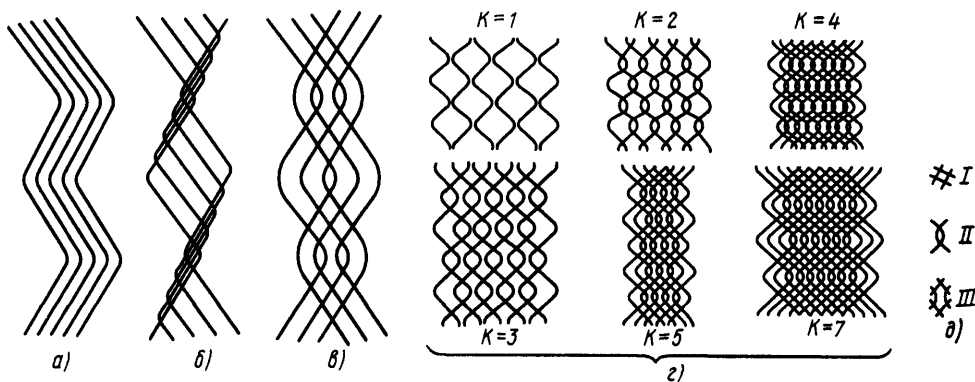


Рис. 11.6. Образование следов на поверхности при вибровыглаживании:

а — параллельная канавка, б — искаженная сетка, в — неискаженная сетка, г — варианты неискаженных сеток, д — характер ячеек сетки; I +  $K \geq 4$ , II +  $K \geq 2$



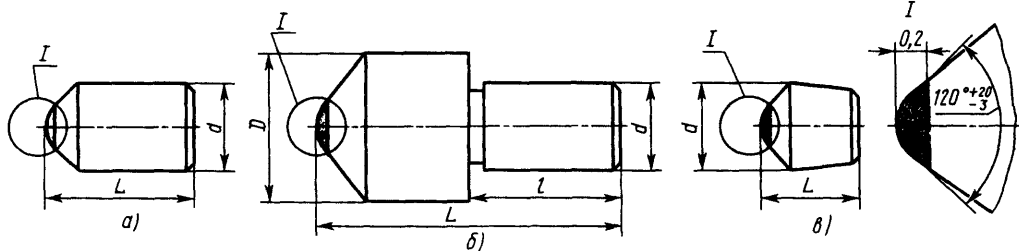


Рис. 11.7. Инструмент для выглаживания:

*a, в* — без головки, *б* — с головкой

мого материала, рабочей части инструмента и режимов обработки.

Решающее значение на качество обработки оказывает влияние шероховатости рабочей части инструмента. Заточку и доводку выглаживающего инструмента производят на специальном станке. Шероховатость поверхности рабочей части инструмента должна быть  $Ra=0,02$  мкм. Угол заточки инструмента зависит от максимального угла наклона инструмента и обычно составляет  $120^\circ$ . Для обработки криволинейных и фасонных поверхностей угол уменьшают до  $90-100^\circ$ . Могут применяться и специальные формы заточки.

Выглаживание поверхностей производят на деталях из стали средней твердости и цветных металлов и сплавов, исходная шероховатость которых не более  $Ra=2,5 \div 3$  мкм, а также из закаленных сталей с исходной шероховатостью не более  $0,8-1,2$  мкм. При более грубых поверхностях, как правило, не происходит полного сминания микронеровностей поверхности.

В зависимости от твердости обрабатываемого материала выбирают необходимый радиус сферы выглаживающего инструмента. Для деталей из мягких сталей и цветных сплавов радиус сферы инструмента находится в пределах  $2,5-3,5$  мм, для деталей средней твердости —  $1,5-2,5$  мм, для деталей из высокопрочных сталей ( $HRC \geq 60$ ) —  $1,0-1,5$  мм. Шероховатость выглаженной поверхности без следов предшествующей обработки составляет  $Ra=0,02 \div 0,16$  мкм.

В зависимости от обрабатываемого материала назначают силу выглаживания, т. е. силу  $P$ , с которой инструмент прижимается к обрабатываемой поверхности.

Для выглаживания деталей из материалов средней твердости сила прижима равна не более  $100-150$  Н, а из высокопрочных материалов — не более  $200-250$  Н. Увеличение силы выглаживания выше указанных пределов снижает стойкость инструмента и может вызвать ухудшение качества поверхности.

Качество поверхности зависит также от подачи инструмента. При изменении подачи от  $0,02$  до  $0,10$  мм/об шероховатость поверхности возрастает, при этом остаточная пластическая деформация ее уменьшается. Наименьшее значение шероховатости достигается при подачах  $0,02-0,04$  мм/об, с уменьшением которых шероховатость изменяется незначительно, так как происходит перенаклеп поверхности. При увеличении подач от  $0,08$  до  $0,10$  мм/об и выше шероховатость поверхности изменяется также незначительно.

Шероховатость поверхности зависит от числа рабочих ходов выглаживающего инструмента и уменьшается в основном во время первого рабочего хода. С увеличением числа рабочих ходов до двух-трех шероховатость уменьшается, но незначительно, так как повторные ходы приводят к упрочнению обрабатываемой поверхности. При дальнейшем увеличении числа рабочих ходов происходит перенаклеп обрабатываемой поверхности и ее шероховатость возрастает. Поэтому целесообразно ограничиваться одним рабочим ходом.

Скорость выглаживания мало влияет на шероховатость обработанной поверхности. Рабочий диапазон скоростей находится в пределах  $16-120$  м/мин. Дальнейшее увеличение скорости выглаживания приводит к росту шероховатости и при значе-

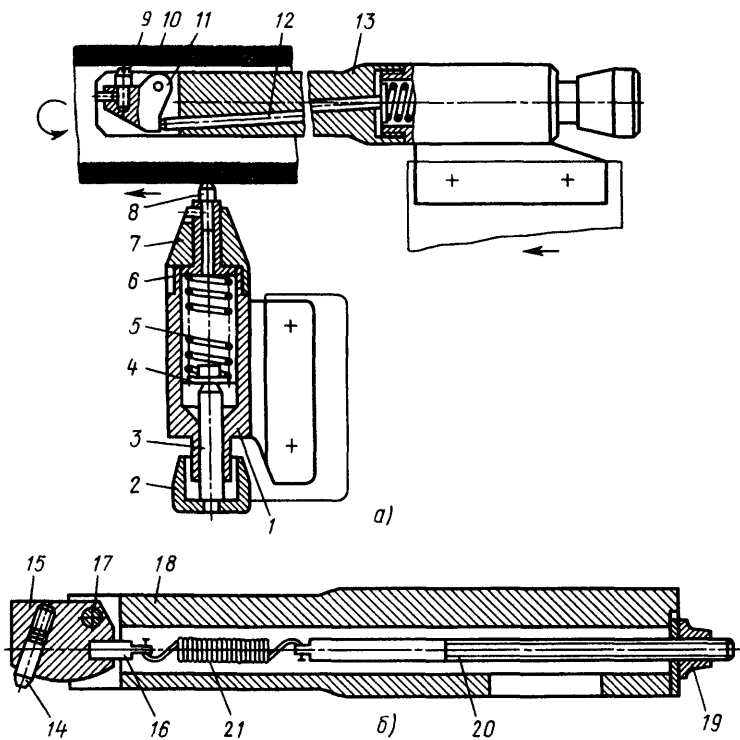


Рис. 11.8. Приспособления (а, б) для обработки наружных и внутренних поверхностей

ниях 200 м/мин и более приводит к перегреву алмаза и повышенному его изнашиванию. При работе в этом диапазоне скоростей необходима обильная подача СОЖ в зону выглаживания. При выглаживании заготовок из черных металлов и сплавов применяют индустриальное масло И-20А, а из цветных металлов и сплавов — керосин. Используют также специальные составы СОЖ.

Алмазное выглаживание можно выполнять двумя способами: жестким и упругим. При жестком выглаживании инструмент закрепляют на станке подобно резцу и во время обработки подают на заданную величину (3—7 мкм) в направлении детали. Жесткое выглаживание не получило широкого распространения из-за высоких требований к биению обрабатываемой поверхности относительно оси вращения, а также к жесткости системы станок — приспособление — инструмент — деталь.

Отличительной особенностью упругого выглаживания является обеспечение по-

стоянства заданной силы выглаживания независимо от погрешностей изготовления и установки детали. Применяемые конструкции приспособлений для упругого выглаживания должны позволять регулировать силу выглаживания в широких пределах.

Приспособления с силовыми элементами в виде винтовых пружин регулируют силу выглаживания с меньшей погрешностью. Сила выглаживания создается пружиной сжатия 5 (рис. 11.8, а) и передается на инструмент 8 через плунжер 6. Усилие сжатия пружины создается поворотом маховика 2, который перемещает шток 3 и упор 4, и контролируется по шкале, нанесенной на хвостовик корпуса приспособления. Плунжер 6 может свободно перемещаться относительно втулки 7, наведенной на корпус 1.

Для обработки внутренних поверхностей вместо втулки 7 с плунжером 6 устанавливают переходник 13 со штоком 12. Сила выглаживания от пружины передается на инструмент 9 через шток 12 и ры-

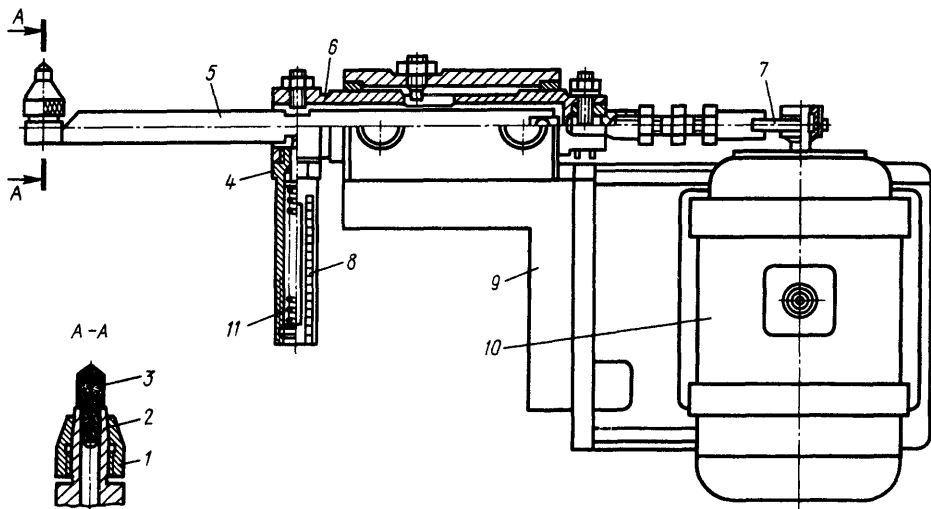


Рис. 11.9. Устройство для вибровыглаживания

### 11.3. Обработка обкатыванием и раскатыванием. Накатывание

**Обкатывание и раскатывание.** Обработку наружных поверхностей производят обкатыванием, а внутренних — раскатыванием. Эти способы не имеют принципиальных различий, но инструменты для них имеют конструктивные особенности. Инструмент для наружного обкатывания (рис. 11.10) устанавливают в резцедержатель хвостовиком 12. Обкатку обрабатываемой поверхности производят шариком 8, который упирается в наружную обойму

чаг 11, который может поворачиваться вокруг оси 10.

Для обработки различных поверхностей может применяться приспособление с пружиной растяжения (рис. 11.8, б), в котором сила выглаживания от пружины 21 передается инструменту 14 через серьгу 16 и рычаг 15, который поворачивается относительно оси 17 корпуса 18. Регулируется сила выглаживания тягой 20, тарированное перемещение которой обеспечивается гайкой 19. Могут применяться и приспособления, у которых сила выглаживающая создается не силой упругости пружин, а пневматическими, гидравлическими, электрическими и другими устройствами.

Для вибрационного выглаживания применяют устройства, имеющие привод для создания возвратно-поступательного перемещения инструмента. В устройстве (рис. 11.9) вращательное движение электродвигателя 10 преобразуется в возвратно-поступательное движение штанги 5 с помощью эксцентрика 7, расположенного на валу электродвигателя. На штанге 5 закреплен инструмент 3 с цангой 2 и гайкой 1. Штанга 5 перемещается вместе с втулкой 6, к которой крепится корпус 4 с силовой пружиной 11 и шкалой 8. С помощью угольника 9 устройство крепится на суппорте станка. Сила выглаживания задается натягом, в результате которого сила предварительно сжатой пружины передается на инструмент.

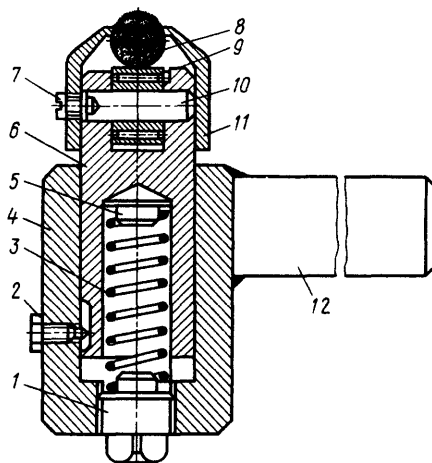


Рис. 11.10. Инструмент для обкатывания наружных поверхностей вращения

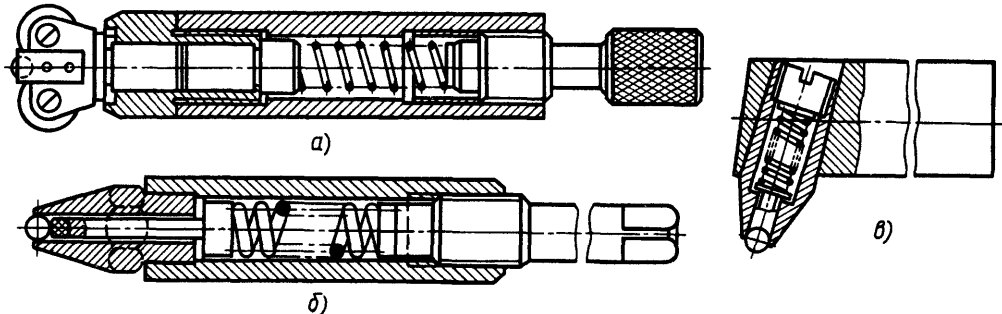


Рис. 11.11. Инструмент для обкатывания (а) и раскатывания (б, в)

роликового подшипника 9, насаженного на ось 10, и удерживается от выпадения колпачком 11 со стопором 7. Под действием усилия обкатывания шарик 8 отжимается и перемещает пиноль 6 в расточке корпуса 4, сжимая пружину 3. Пружина 3 с одной стороны упирается в подпятник 5, а с другой — в пробку 1, которой регулируют силу сжатия пружины. Пиноль 6 удерживается от разворота в корпусе 4 болтом 2. На рис. 11.11 показаны инструменты для обкатывания и раскатывания других конструктивных исполнений.

Инструмент, закрепленный в резцедержателе, подводят суппортом к обработанной поверхности до соприкосновения ее с шариком, а затем перемещают инструмент на 0,5—0,8 мм, создавая натяг. Устанавливают частоту вращения шпинделя в пределах 1200—1500 об/мин ( $v = 20—25$  м/мин) и продольную подачу, равную 0,3—1,5 мм/об, включают станок и делают 2—3 продольных рабочих хода вправо и влево. Охлаждение производят веретен-

ным маслом. Вместо шариков можно применять ролики. Шарики и ролики для обкатывания (раскатывания) могут быть из закаленной стали и твердого сплава.

**Накатывание.** Процесс получения рифленной поверхности называют *накатыванием*, которое осуществляют роликами 2 и 3 подводят суппортом к вращающейся заготовке и вдавливают их в материал, образуя на поверхности заготовки рифления. При этом следует проверить, попадают ли зубчики роликов при последующих оборотах в сделанные ими насечки. Ролики должны располагаться параллельно накатываемой поверхности. Перед работой ролик тщательно очищают проволочной щеткой от остатков материала.

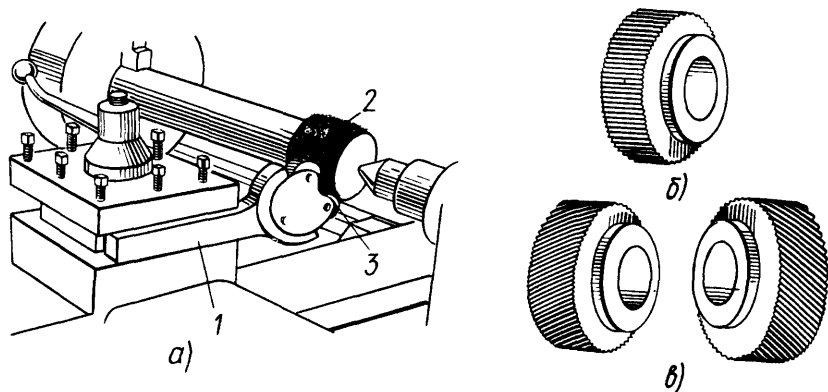


Рис. 11.12. Схема накатывания рифлений (а), ролики для простой накатки (б), для перекрестной накатки (в)

да, а во время работы — обильно смазывают веретенным или машинным маслом.

Окружная скорость накатываемой детали равна 10—15 м/мин при обработке мягких сталей, 20—25 м/мин — твердых сталей, 25—40 м/мин — латуни, 80—100 м/мин — алюминия. Продольная подача инструмента равна 1—1,5 мм/об при обработке сталей, 1,5—2 мм/об — бронзы, 2—2,5 мм/об — латуни и алюминия.

#### 11.4. Обработка абразивной лентой

Обработку абразивной лентой (полирование) применяют в тех случаях, когда к обрабатываемой поверхности не предъявляют высоких требований по точности размеров. Абразивную ленту прижимают к обрабатываемой поверхности различными способами, но при этом запрещается наматывать ее на обрабатываемую деталь или прижимать к детали рукой. При обработке наружных поверхностей абразивную ленту закрепляют в резцовой головке (рис. 11.13), а затем прижимают

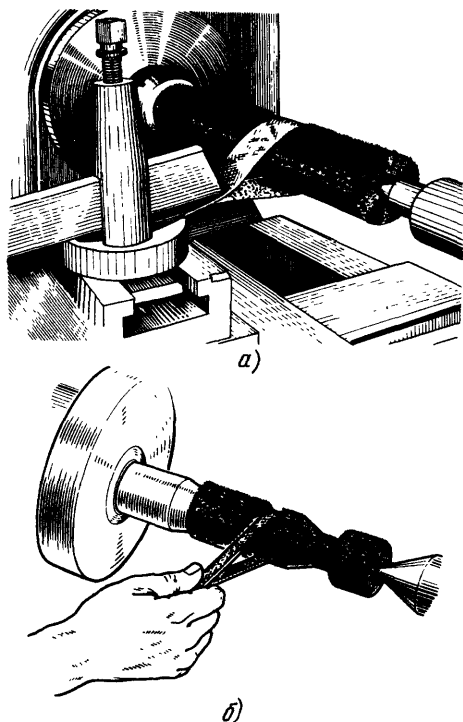


Рис. 11.13. Обработка наружных поверхностей абразивной лентой:

а — с креплением в резцовой головке, б — вручную

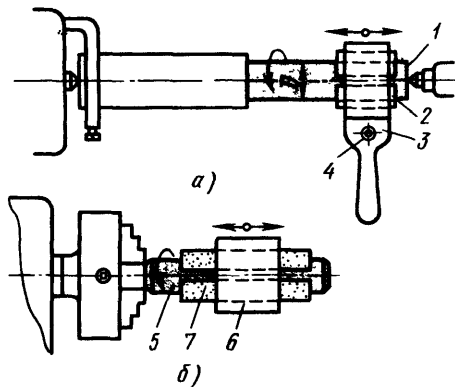


Рис. 11.14. Обработка притирами:

а — наружной поверхности, б — внутренней поверхности; 1 — деталь, 2 — втулка-притир, 3 — жимок, 4 — гайка для затяжки притира, 5 — конусная оправка, 6 — деталь, 7 — притир

ее к поверхности и перемещают вдоль детали с помощью суппорта или обрабатывают деталь вручную, как показано на рис. 11.13, б. Можно применять и деревянные державки с углублениями по форме обрабатываемых поверхностей. В эти углубления закладывают ленту с нужным абразивным слоем (рис. 11.14).

При обработке углеродистых и легированных сталей, ковкого чугуна применяют ленты с абразивным слоем из электрокорунда нормального; жаропрочных и легированных сталей — из электрокорунда белого; чугуна, бронзы, алюминия, пластмассы — из карбида кремния. Ленту с абразивным слоем зернистостью 50—25 используют для зачистки поверхностей с шероховатостью  $Ra = 12,5 \div 6,3$  мкм, зернистостью 26—16 — с шероховатостью  $Ra = 3,2 \div 1,6$  мкм, зернистостью 16—8 —  $Ra = 0,8$  мкм. При этом при зернистости 16—10 можно обработать поверхность с шероховатостью  $Ra = 0,02 \div 0,2$  мкм. Снимаемый припуск может достигать 0,75—1,5 мм.

#### Контрольные вопросы

1. В чем суть процесса доводки поверхностей деталей?
2. Назовите характерные особенности алмазного выравнивания.
3. Расскажите о назначении обработки обкатыванием и раскатыванием.
4. Назовите рекомендуемые приемы работы с абразивной лентой.

# 12. Основы теории резания металлов

## 12.1. Вклад отечественной науки в исследование процессов резания металлов

В начале XVIII в. русский механик и изобретатель А. К. Нартов создал самоходный суппорт для токарного станка и ряд других станков оригинальной конструкции. В середине XVIII в. гениальный русский ученый М. В. Ломоносов изобрел сферотокарный станок для обработки металлических зеркал, построил лоботокарные и шлифовальные станки.

Основоположителем учения о резании металлов является профессор И. А. Тиме, впервые сформулировавший основные законы резания. В 1870 г. был опубликован доклад И. А. Тиме «Сопrotивление металлов и дерева резанию», где подробно описан процесс образования стружки и произведена ее классификация, дана формула расчета силы резания.

Начало научного исследования микрогеометрии обработанной поверхности положено профессором В. Л. Чернышевым, при содействии которого в 1893 г. на Тульском оружейном заводе проводились измерения размеров и шероховатости обработанных поверхностей. В то же время профессор К. А. Зворыкин изложил оригинальную теорию процесса резания, впервые применил гидравлический динамометр для определения сил резания. В 1912 г. Я. Г. Усачев более подробно исследовал явления, происходящие при резании металлов. Его особой заслугой является признание металлографии для исследования процессов резания и разработка метода определения температуры рабочей части резца с помощью термопары.

В настоящее время советские ученые и инженеры разработали и внедрили в производство процессы резания с большими скоростями и подачами, усовершенствованные конструкции режущего инструмента, обеспечивающие производительность и точность обработки деталей с высокой эффективностью.

Важную роль в развитии теории резания металлов играет тесная связь науки с производством. Часто открытие или изо-

бретение, сделанное рабочим, получает теоретическое обоснование, дальнейшее развитие и широкое распространение в промышленности.

## 12.2. Образование стружки и сопровождающие его явления

Процесс резания (стружкообразования) — сложный физический процесс, сопровождающийся большим тепловыделением, деформацией металла, изнашиванием режущего инструмента и наростообразованием на резце. Знание закономерностей процесса резания и сопровождающих его явлений позволяет рационально управлять этим процессом и обрабатывать детали более качественно, производительно и экономично.

При резании различных материалов могут образовываться следующие основные виды стружек: сливные (непрерывные), скалывания (элементные) и надлома (рис. 12.1).

**С л и в н а я с т р у ж к а** (рис. 12.1, а) образуется при резании вязких и мягких металлов (например, мягкой стали, латуни) с высокой скоростью. Чем больше скорость резания и вязкость обрабатываемого металла, а также меньше угол резания и толщина среза и выше качество смазочно-охлаждающей жидкости, тем стружка ближе к сливной.

**С т р у ж к а н а д л о м а** (рис. 12.1. в) образуется при резании хрупких металлов, например бронзы, чугуна. Такая стружка состоит из отдельных, почти не связанных между собой элементов. Обработанная поверхность при образовании такой стружки получается шероховатой, с большими впадинами и выступами. В определенных условиях, например

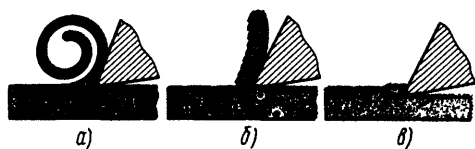


Рис. 12.1. Типы стружек:

а — сливная, б — скалывания, в — надлома

при обработке чугунов средней твердости, стружка надлома может получиться в виде колец. Сходство ее со сливной стружкой только внешнее, так как достаточно сжать такую стружку в руке и она легко разрушится на отдельные элементы.

**Стружка скальвания** (рис. 12.1, б) занимает промежуточное положение между сливной стружкой и стружкой надлома и образуется при обработке некоторых сортов латуни и твердых сталей с большими подачами и относительно малыми скоростями резания. С изменением условий резания стружка скальвания может перейти в сливную, и наоборот.

Под действием режущего инструмента срезаемый слой металла подвергается сжатию. Процессы сжатия (как и процессы растяжения) сопровождаются упругими и пластическими деформациями. Режущий инструмент деформирует не только срезаемый слой, но и поверхностный слой обрабатываемого материала. Глубина деформации поверхностного слоя зависит от различных факторов и может достигать от сотых долей до нескольких миллиметров.

Под действием деформации поверхностный слой упрочняется, увеличивается его твердость и уменьшается пластичность, происходит так называемый наклеп обрабатываемой поверхности. Чем мягче и пластичнее обрабатываемый металл, тем большему наклепу он подвергается. Чугуны обладают значительно меньшей способностью к упрочнению, чем стали. Степень упрочнения и глубина наклепа увеличиваются с увеличением подачи и глубины резания и умень-

шаются с увеличением скорости резания. Глубина наклепа примерно в 2—3 раза больше при работе затупленным режущим инструментом, чем при работе острозаточенным. Смазочно-охлаждающие жидкости при резании уменьшают глубину и степень упрочнения поверхностного слоя.

При некоторых условиях резания на переднюю поверхность режущей кромки налипают обрабатываемый металл, образуя нарост. Он имеет клиновидную форму, по твердости превышает в 2—3 раза твердость обрабатываемого металла. Являясь как бы продолжением резца, нарост (рис. 12.2) изменяет его геометрические параметры ( $\delta_1 < \delta$ ); участвует в резании металла, влияет на результаты обработки, изнашивание резца и силы, действующие на резец. При обработке нарост периодически разрушается (скальвается) и вновь образуется. Часть его уходит со стружкой, а часть остается вдавненной в обработанную поверхность. Отрыв части нароста происходит не равномерно по длине режущего лезвия, что приводит к мгновенному изменению глубины резания. Эти явления, повторяющиеся периодически, ухудшают качество обработанной поверхности, так как вся она оказывается усеянной неровностями. С увеличением пластичности обрабатываемого металла размеры нароста возрастают. При обработке хрупких металлов, например чугуна, нарост может и не образоваться.

При обработке с  $v < 5$  м/мин нарост не образуется, наибольшая величина нароста соответствует  $v = 10 \div 20$  м/мин для инструмента из быстрорежущей стали и  $v > 90$  м/мин для твердосплавного инструмента. Этот диапазон скоростей является неблагоприятным для чистовой обработки. При дальнейшем увеличении скорости резания в зависимости от прочности металла температура в зоне резания возрастает и нарост, размягчаясь, постепенно исчезает.

Нарост увеличивается с увеличением подачи, поэтому для чистовой обработки рекомендуются подачи в пределах 0,1—0,2 мм/об. Глубина резания существенного влияния на размеры нароста не оказывает.

Для уменьшения нароста рекомендуется уменьшать шероховатость передней поверхности режущего инструмента и по-

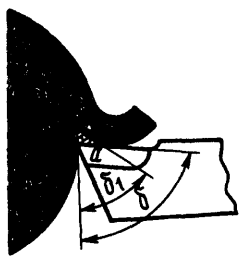


Рис. 12.2. Нарост на резце:

$a$  — величина нароста,  $\delta$  и  $\delta_1$  — углы резания до и после образования нароста соответственно

возможности увеличивать передний угол  $\gamma$  (например, при  $\gamma=45^\circ$  нарост почти не образуется), а также применять смазочно-охлаждающие жидкости.

Образование нароста улучшает условия резания при выполнении черновой обработки.

### 12.3. Тепловые явления при резании металлов

При резании металлов затрачивается работа на пластические и упругие деформации в срезаемом слое и в слое, прилегающем к обработанной поверхности и поверхности резания, а также на преодоление трения по передней и задней поверхностям реза. Работа, затрачиваемая на пластические деформации, составляет около 80 % всей работы резания, а работа трения — около 20 %. Примерно 85—90 % всей работы резания превращается в тепловую энергию, которая поглощается стружкой — 50—86 %, резцом — 10—40 %, обрабатываемой деталью — 3—9 %, около 1 % теплоты излучается в окружающее пространство.

Температура в зоне резания зависит от физико-механических свойств обрабатываемого материала, режимов резания, геометрических параметров режущего инструмента и применяемой смазочно-охлаждающей жидкости. При обработке стали выделяется больше теплоты, чем при обработке чугуна. Чем выше прочность и твердость обрабатываемого материала, тем выше температура в зоне контакта инструмента, которая при тяжелых условиях работы может достигать 1000—1100 °С.

При увеличении подачи температура в зоне резания повышается, но менее интенсивно, чем при увеличении скорости резания. Еще меньше влияет на температуру глубина резания.

С увеличением угла резания  $\delta$  и главного угла в плане  $\phi$  температура в зоне резания возрастает, а с увеличением радиуса скругления реза  $r$  уменьшается. Применение смазочно-охлаждающей жидкости существенно уменьшает температуру в зоне резания.

Температура в зоне резания оказывает непосредственное влияние на износ-

стойкость инструмента, состояние обрабатываемого материала, качество обработанной поверхности и производительность резания.

### 12.4. Изнашивание режущих инструментов

Изнашивание режущего инструмента при резании металлов значительно отличается от изнашивания деталей машин. Зона резания характеризуется высокой химической чистотой трущихся поверхностей, высокими температурой и давлением в зоне контакта.

Механизм изнашивания инструмента при резании металлов очень сложен. Здесь имеют место абразивное, адгезионное и диффузионное изнашивания. Удельное влияние каждого из них зависит от свойств контактирующих материалов инструмента и детали, условий обработки (прежде всего от скорости резания).

**А б р а з и в н о е** **и з н а ш и в а н и е** инструмента заключается во внедрении материала стружки в рабочую поверхность инструмента. При этом сьем металла с рабочей поверхности инструмента происходит микроцарапанием.

**А д г е з и о н н о е** **и з н а ш и в а н и е** инструмента происходит в результате схватывания или прилипания трущихся поверхностей и последующего отрыва мельчайших частиц материала инструмента.

Результатом этого вида изнашивания, происходящего при температурах ниже 900 °С, являются кратеры на рабочих поверхностях инструмента, при слиянии которых образуются лунки. При этом действие адгезионного изнашивания усиливается в зоне низких и средних скоростей резания. Уменьшить адгезионное изнашивание можно повышением твердости инструмента.

**Д и ф ф у з и о н н о е** **и з н а ш и в а н и е** инструмента происходит в результате взаимного растворения металла детали и материала инструмента. На активность процесса растворения оказывает влияние высокая температура (900—1200 °С) контактного слоя, возникающая при высокой скорости резания. Это приводит к изменению химического состава и физико-хими-



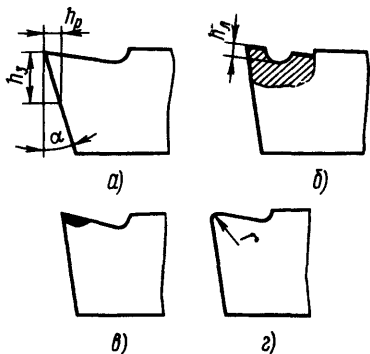


Рис. 12.3. Геометрические формы (а—г) износа токарного резца:

$h_n$  — по задней поверхности,  $h_p$  — радиальный,  $h_n$  — глубина лунки,  $r$  — радиус скругления,  $\alpha$  — задний угол

ческих свойств поверхностных слоев инструмента, снижает его износостойкость. Поэтому диффузионное изнашивание можно рассматривать как разновидность химического изнашивания.

Чем выше механические свойства обрабатываемого материала и содержание в нем углерода, хрома, вольфрама, титана, молибдена, тем интенсивнее изнашивание инструмента. Наибольшее влияние на интенсивность изнашивания оказывает скорость резания, меньшее — подача и глубина резания.

Как правило, инструменты изнашиваются по задней и передней поверхности.

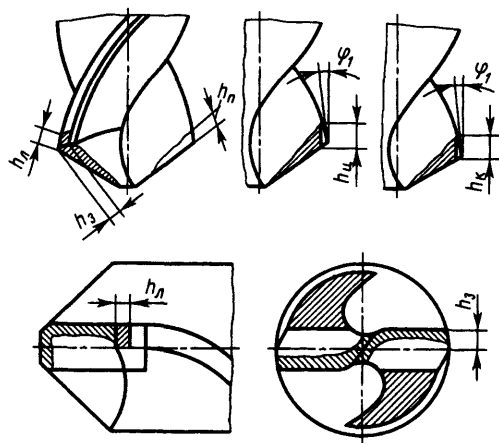


Рис. 12.4. Геометрические формы износа сверла:

$h_n$  — по задней поверхности,  $h_n$  — по ленточке,  $h_n$  — по передней поверхности,  $h_n$  — цилиндрического участка,  $h_n$  — конического участка

За критерий изнашивания обычно принимают допустимый износ  $h_n$  по задней поверхности инструмента (рис. 12.3, а—г). Например, для твердосплавных резцов при черновой обработке износ  $h_n$  составляет 1,0—1,4 мм для стали, 0,8—1,0 мм для чугуна, а при чистовой обработке 0,4—0,6 мм для стали, 0,6—0,8 мм для чугуна.

Преобладающее изнашивание задней поверхности обычно наблюдается при обработке сталей с малой толщиной среза (не более 0,15 мм) и низкими скоростями резания, а также при обработке чугуна. Объясняется это следующим: при малых толщинах среза радиус скругления режущей кромки соизмерим с толщиной среза; при тонкой стружке возрастает относительное значение упругой деформации поверхностного слоя; путь трения металла по задней поверхности больше, чем по передней поверхности из-за усадки стружки. Преобладающее изнашивание по передней поверхности наблюдается при большом удельном давлении и высокой температуре в зоне резания. Такие условия возникают при обработке стали без охлаждения с высокими скоростями резания и большими толщинами среза (более 0,5 мм). Изнашивание резцов по передней поверхности характеризуется образованием лунки, ширина и глубина которой непрерывно увеличиваются. При этом непрерывно уменьшается ширина перемычки между режущей кромкой и лункой, когда перемычка исчезает, образуется полный или катастрофический износ инструмента. На практике наблюдается одновременное изнашивание инструмента по задней и передней поверхности с увеличением радиуса скругления режущей кромки. Преобладающее изнашивание по этим поверхностям зависит от режимов обработки детали.

Износ сверл из быстрорежущей стали наблюдается по передней  $h_n$  и задней  $h_n$  поверхностям, а также по ленточкам  $h_n$  и уголкам  $h_n$  (рис. 12.4). При увеличенной длине перемычки и неправильной заточке сверла наблюдается износ по лезвию перемычки  $h_{пер}$ . Допустимый износ сверл из быстрорежущей стали не должен превышать  $h_n = 0,5 \div 1,2$  мм при сверлении чугуна,  $h_n = 1,1$  мм — стали, а сверл, оснащенных твердосплавными пластинками,  $h_n =$

$=0,4 \div 1,3$  мм при сверлении стали и чугуна. Большие значения износа допустимы для сверл большего диаметра.

Износ по задней поверхности у периферийной части режущей кромки спиральных сверл является наиболее распространенным и возникает вследствие увеличения температуры в зоне резания. Износ перемычки сверла чаще возникает при сверлении твердых материалов или при высокой скорости резания. Износ по передней поверхности режущей части сверла редко служит критерием стойкости, но может иметь значительную величину при длительном сверлении глубоких отверстий с СОЖ. Износ участка ленточки, примыкающего к режущей части сверла, зависит от деформаций, увода сверла и др.

Допустимый износ зенкеров из инструментальной стали не должен превышать  $h_3 = 0,5 \div 1,2$  мм при обработке стали,  $h_y = 0,8 \div 1,5$  мм при обработке чугуна, а зенкеров, оснащенных твердым сплавом,  $h_3 = 1,0 \div 1,6$  мм при обработке незакаленных сталей и чугуна и  $h_3 = 0,7$  мм — закаленной стали.

При чистовой обработке деталей за критерий оценки изнашивания инструмента принимают конструктивно-технологические требования к качеству деталей. Они предусматривают допустимый износ, при превышении которого точность получаемых размеров и шероховатость обработанной поверхности перестают удовлетворять заданным техническим требованиям. Так, технологическим критерием оценки изнашивания мерных инструментов для обработки отверстий (например, разверток) является износ инструмента по задней поверхности, при котором получаемое отверстие начинает выходить за пределы допуска на размер или не отвечает заданному качеству поверхности.

Стойкость инструмента характеризуется его способностью без переточки возможно длительное время обрабатывать заготовки в соответствии с техническими требованиями. Стойкость определяется временем непосредственной работы (исключая время перерывов) инструмента от переточки до переточки на заданном режиме резания до наступления принятого критерия затупления. Это время называют периодом стойкости или стой-

костью инструмента, его обозначают буквой  $T$  и измеряют в минутах.

Скорость резания оказывает существенное влияние на стойкость инструмента. Возрастание скорости резания на 50 % снижает стойкость примерно на 75 %, в то же время аналогичное увеличение подачи — лишь на 60 %. Наоборот, снижение скорости резания на 30 % может в определенном интервале режимов обработки увеличить стойкость инструмента в 2,5 раза, а уменьшение подачи — всего в 1,4 раза.

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

Смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ) благоприятно воздействуют на процесс резания металлов, значительно уменьшают износ режущего инструмента, повышают качество обработанной поверхности и снижают затраты энергии, а также препятствуют образованию нароста у режущей кромки инструмента и способствуют удалению стружки и абразивных частиц из зоны резания.

При обработке чугуна и других хрупких материалов СОЖ не применяют, так как эффект от их действия незначителен. При работе твердосплавным инструментом на высоких скоростях необходимо подавать обильную и непрерывную струю жидкости, так как при прерывистом охлаждении могут образоваться трещины в режущих пластинках из твердого сплава.

Наиболее эффективны смазочно-охлаждающие жидкости при резании вязких, пластичных и сильно упрочняющихся при деформации металлов. При этом с увеличением толщины среза и скорости резания положительный эффект на стружкообразование от действия СОЖ уменьшается.

СОЖ должны обладать высокими охлаждающими, смазывающими, антикоррозионными свойствами и быть безвредными для работающего. Все применяемые жидкости можно разбить на две основные группы — охлаждающие и смазочные. К первой группе относят водные растворы и эмульсии, обладающие большой теплоемкостью и теплопроводностью. Широко распространены водные эмульсии (цвета

от молочного-белого до коричневого), в состав которых входят 2—20 % масла и 0,3—2 % мыла и поверхностно-активные вещества. Водные эмульсии применяют при обдирочных работах, когда к шероховатости поверхности не предъявляют высоких требований. Ко второй группе относятся СОЖ, обладающие высокой маслянистостью; минеральные масла, керосин, а также растворы в масле или керосине поверхностно-активных веществ. Жидкости этой группы применяют при чистовых и отделочных работах. Применяют также осерненные масла, так называемые сульфозфрезолы, содержащие в качестве активированной добавки серу.

## **12.6. Жесткость и вибрации системы станок — приспособление — инструмент — деталь**

Возникающие при резании металла нагрузки воспринимаются инструментом и приспособлением для его крепления, а также деталью и приспособлением для ее установки и крепления. Возникающие нагрузки передаются через приспособления на узлы и механизмы станка. Образуется замкнутая технологическая система: станок — приспособление — инструмент — деталь.

В процессе обработки сила резания не остается постоянной из-за изменения сечений срезаемой стружки, припуска на обработку, неравномерности механических свойств материала и распределения силы резания. Изменение силы резания вызывает затупление и износ режущего инструмента, наростообразование и ряд других факторов, влияющих на процесс резания. Под действием изменяющихся сил резания элементы системы станок — приспособление — инструмент — деталь деформируются, изменяя тем самым условия резания, трения и работы привода станка. Характер изменения условий обработки зависит от жесткости указанной системы, т. е. способности препятствовать перемещению ее элементов при воздействии на них нагрузок. Жесткость является одним из основных критериев работоспособности станка и его точности работы под нагрузкой.

Характер изменения колебаний во времени называют вибрациями. Колебания при резании разделяют на вынужденные, когда причиной колебаний являются периодически действующие возмущающие силы, и автоколебания, которые не зависят от действия периодически возмущающих сил. Источниками возмущающих сил вынужденных колебаний являются неуравновешенные части станка (шкивы, зубчатые колеса, валы); дефекты в передаточных звеньях; неуравновешенность обрабатываемой заготовки; неравномерный припуск на обработку и другие факторы.

Основными источниками возникновения автоколебаний являются изменение сил резания из-за неоднородности механических свойств обрабатываемого материала; появление переменной силы резания за счет срыва нароста; изменение сил трения на поверхностях инструмента вследствие изменения скорости резания в процессе обработки; следы вибраций от предыдущего рабочего хода, вызывающие изменение сил резания и упругие деформации обрабатываемой детали и резака и др. На интенсивность автоколебаний оказывают влияние физико-механические свойства обрабатываемого материала, параметры режима резания, геометрические параметры инструмента, жесткость отдельных элементов и всей системы станок — приспособление — инструмент — деталь, зазоры в отдельных звеньях этой системы.

С увеличением скорости резания вибрации сначала возрастают, а затем уменьшаются. При увеличении глубины резания амплитуда колебаний возрастает, а с увеличением подачи уменьшается. С увеличением главного угла в плане  $\phi$  амплитуда колебаний уменьшается, а при увеличении радиуса  $r$  скругления резака возрастает. Износ резака по задней поверхности усиливает вибрации. Чем больше вылет резака и меньше размеры его державки в поперечном сечении, тем меньше его жесткость и, следовательно, больше возникающие вибрации, причем с повышением скорости резания влияние вылета резака на увеличение вибраций возрастает.

Зная причины возникновения вибраций, можно найти способы их уменьшения.

Однако эти пути не всегда являются рациональными. Например, увеличение главного угла в плане, хотя и уменьшает вибрации, но вместе с тем увеличивает интенсивность изнашивания режущего инструмента и т. д. Поэтому необходимо применять такие способы уменьшения вибрации, которые не снижали бы производительности и качества обработки.

## 12.7. Основные факторы, влияющие на силу резания

Образование стружки в процессе резания происходит под действием силы резания  $P$ , преодолевающей сопротивление металла. Силу резания  $P$  при обработке точением можно разложить на три составляющие (рис. 12.5): тангенциальную  $P_z$ , направленную вертикально вниз и определяющую мощность, потребляемую приводом главного движения; радиальную  $P_y$ , направленную вдоль поперечной подачи, которая отжимает резец и учитывается при расчете прочности инструмента и механизма поперечной подачи станка; осевую  $P_x$ , направленную вдоль продольной подачи, которая стремится отжать резец в сторону суппорта и учитывается при определении допустимой нагрузки на резец и механизмы станка при продольной подаче.

Между тремя составляющими силы резания существует примерно следующее соотношение:  $P_y = (0,25 \div 0,5) P_z$ ;  $P_x = (0,1 \div 0,25) P_z$ . Сила резания  $P$  в большинстве случаев примерно на 10 % больше составляющей  $P_z$ . Это позволяет многие практические расчеты производить не по силе  $P$ , а по составляющей  $P_z$ .

В процессе резания на силы  $P_z$ ,  $P_y$  и  $P_x$  влияют обрабатываемый металл, глубина резания, подача, передний угол резца, главный угол резца в плане, радиус скругления при вершине резца, смазочно-охлаждающие жидкости, скорость резания и износ резца.

Физико-механические свойства обрабатываемого металла оказывают большое влияние на силы резания. Чем больше предел прочности при растяжении  $\sigma_b$  и твердость обрабатываемого металла, тем больше силы  $P_z$ ,  $P_y$  и  $P_x$ . Увеличение

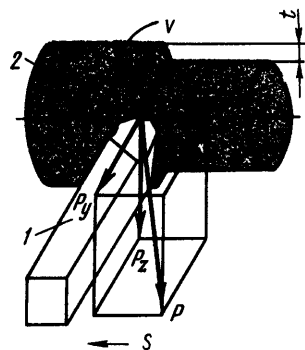


Рис. 12.5. Силы, действующие на резец:

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

глубины резания и подачи приводит к увеличению силы резания, затрачиваемой на образование стружки, причем глубина резания больше влияет на силу резания, чем подача.

Чем меньше передний угол  $\gamma$  или чем больше угол резания  $\delta = 90^\circ - \gamma$ , тем больше сила резания. При увеличении главного угла в плане  $\phi$  сила  $P_y$  резко уменьшается, а сила  $P_x$  увеличивается. Для твердосплавных резцов при увеличении  $\phi$  от 60 до 90° сила  $P_z$  практически остается постоянной. При увеличении радиуса скругления  $r$  режущих кромок при вершине резца силы  $P_z$  и  $P_y$  возрастают, а  $P_x$  уменьшается.

Смазочно-охлаждающие жидкости уменьшают силу  $P_z$  при тонких срезах, при увеличении толщины среза и скорости резания эффект от применения СОЖ уменьшается.

Увеличение скорости резания от 50 до 400—500 м/мин приводит к эффективному уменьшению силы  $P_z$ , при скорости  $v > 500$  м/мин уменьшение  $P_z$  незначительно. Возрастание износа по задней поверхности незначительно увеличивает  $P_y$  и  $P_x$ .

Сила резания зависит от материала режущей части резца. При обработке твердосплавными резцами силы резания несколько меньше, чем резцами из быстрорежущей стали.

## 12.8. Шероховатость Точность обработки деталей

**Шероховатость.** На поверхностях деталей после обработки режущим инструментом на металлорежущих станках всегда остаются неровности. Совокупность микронеровностей, образующихся на поверхности детали, называют шероховатостью поверхности. Шероховатость поверхности оказывает непосредственное влияние на качество неподвижных и подвижных соединений в машинах. Например, детали с грубой поверхностью не обеспечивают в неподвижных соединениях требуемой точности и качества сборки, а в подвижных соеди-

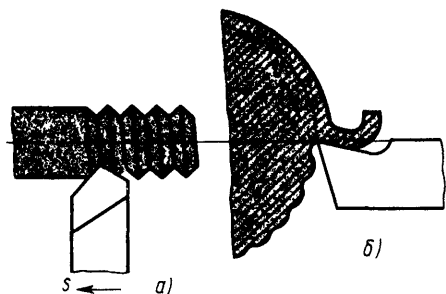


Рис. 12.6. Образование поперечной (а) и продольной (б) шероховатости поверхности при токарной обработке

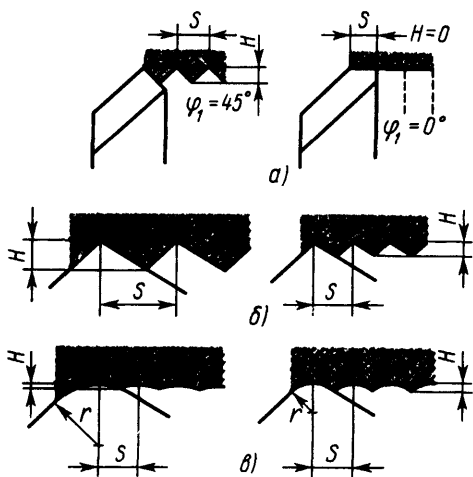


Рис. 12.7. Высота микронеровностей при точении:

а — с вспомогательным углом  $\varphi_1$  в плане, б — с подачей  $S$ ,  $r$  — с радиусом  $r$  скругления режущей кромки реза

нениях быстро изнашиваются и не выдерживают первоначальных зазоров.

На поверхности, обработанной токарным резцом, образуются микронеровности в виде винтовых выступов и винтовых канавок (рис. 12.6, а, б). Микронеровности, расположенные в направлении подачи  $S$ , образуют поперечную шероховатость, а микронеровности, расположенные в направлении скорости резания  $v$ , — продольную шероховатость.

Высота  $H$  и характер микронеровностей зависят от обрабатываемого материала, режимов резания, геометрии режущих кромок инструмента и др. Микронеровности на поверхности деталей в большинстве случаев являются следами режущих кромок инструмента, расположение которых зависит от подачи (рис. 12.7). Изменяя геометрические параметры режущего инструмента и режимы резания, можно существенно менять характеристики шероховатости поверхности при обработке одинаковых по физико-механическим свойствам материалов.

Шероховатость обработанной поверхности повышается (до  $Ra = 6,3 \div 12,5$  мкм), когда обработку ведут на скоростях резания, способствующих наростообразованию. При обработке на высоких скоростях резания (150—300 м/мин) шероховатость обработанной поверхности снижается (до  $Ra = 1,6 \div 0,8$  мкм). По мере увеличения скорости резания глубина наклепа возрастает.

При высоких скоростях резания (200—600 м/мин) возникает явление разупрочнения, которое уменьшает глубину наклепа. При обработке легированных и высокопрочных сталей, имеющих низкие пластичные свойства, остаточные напряжения сжатия образуются при скоростях резания около 400—600 м/мин. При обработке конструкционных сталей марок 20 и 45 остаточные напряжения сжатия возникают при скоростях резания 500—800 м/мин.

С увеличением скорости резания и уменьшением шероховатости до оптимальной износостойкость и коррозионная стойкость увеличиваются. Усталостная прочность повышается с увеличением степени и глубины наклепа, а также с повышением остаточных напряжений сжатия.

При увеличении подачи шероховатость обработанной поверхности повышается, глубина наклепа возрастает. Увеличение подачи способствует также увеличению остаточных напряжений и уменьшению износостойкости и коррозионной стойкости. Усталостная прочность в этом случае повышается.

Применение инструментов с отрицательными передними углами  $\gamma$  от  $-15$  до  $-45^\circ$  способствует образованию в поверхностном слое остаточных напряжений сжатия и повышению усталостной прочности. Увеличение зоны соприкосновения инструмента с обработанной поверхностью детали приводит к повышению трения и увеличению шероховатости обработанной поверхности (до  $Ra \approx 6,3$  мкм).

При увеличении заднего угла  $\alpha$  в пределах  $3 \div 15^\circ$  глубина наклепа уменьшается. На износостойкость материала задний угол не оказывает существенного влияния, при углах в пределах от  $3$  до  $15^\circ$  усталостная прочность может незначительно снижаться.

При увеличении главного угла  $\phi$  в плане от  $30$  до  $60^\circ$  шероховатость обработанной поверхности возрастает, при черновой обработке значительно, а при отделочной — до  $Ra = 1,6 \div 3,2$  мкм. Уменьшение главного угла  $\phi$  в плане от  $90$  до  $45^\circ$  вызывает уменьшение глубины наклепа и снижение усталостной прочности. При увеличении вспомогательного угла  $\phi_1$  в плане шероховатость поверхности увеличивается, при черновой обработке до  $Ra \approx 16$  мкм, а при отделочной — до  $Ra \approx 1,6 \div 3,2$  мкм. При неблагоприятном угле  $\lambda$  наклона режущей кромки могут возникнуть царапины обработанной поверхности сходящей стружкой. Увеличение радиуса  $r$  закругления резца в пределах от  $0,5$  до  $4$  мм снижает шероховатость обработанной поверхности; износостойкость повышается в пределах оптимальной шероховатости, усталостная прочность увеличивается.

Шероховатость обработанной поверхности возрастает (до  $Ra = 6,3 \div 12,5$  мкм) по мере затупления инструмента. Применение тщательно доведенного инструмента способствует уменьшению глубины наклепа. Износостойкость и усталостная прочность изменяются до установленных оп-

тимальных значений шероховатости и наклепа. Увеличение радиуса  $r$  закругления режущей кромки способствует увеличению глубины наклепа и остаточных напряжений. С увеличением глубины наклепа и остаточных напряжений усталостная прочность повышается.

Явление слипаемости материала заготовки с передней поверхностью инструмента приводит к увеличению высоты микронеровностей и, наоборот, при использовании твердосплавных и керамических резцов шероховатость снижается.

С повышением твердости обрабатываемого материала уменьшается объем металла, подвергаемый пластической деформации, а усталостная прочность повышается. При обработке малоуглеродистой стали мелкозернистой структуры на малых скоростях образуется менее шероховатая поверхность. При обработке на высоких скоростях шероховатость поверхности снижается.

В производственных условиях шероховатость обработанных поверхностей оценивают методом сравнения с образцом. Для этого обработанную деталь аттестуют по качеству поверхности в лабораторных условиях, а затем она служит эталоном при контроле качества обработки аналогичных деталей.

**Погрешности обработки.** Размеры и другие параметры детали должны иметь минимальные отклонения от указанных на чертеже. Их разность определяет погрешность обработки и не должна превышать предельных значений размеров и допусков, указанных в чертеже.

Погрешности подразделяют на систематические и случайные. К систематическим относят погрешности, которые определяют точность обрабатываемой детали. Основными причинами систематических погрешностей являются:

неточность станка, например непрямолинейность направляющих станины и суппортов, непараллельность или неперпендикулярность направляющих к оси шпинделя, неточности изготовления шпинделя и его опор; деформация узлов и деталей станка под действием сил резания и нагрева в процессе работы;

неточность изготовления режущих инструментов и приспособлений и их износ;

деформация инструментов и приспособлений под действием сил резания и нагрева в процессе обработки; неточность установки и базирования заготовки на станке;

деформация обрабатываемой заготовки под действием сил резания, зажима и нагрева в процессе обработки, а также при возникновении внутренних напряжений; неточность установки и настройки инструмента на размер; неточность измерения деталей, вызванная неточностью измерительных инструментов и приборов, а также ошибками рабочего при оценке показаний измерительных устройств. Причины возникновения систематических погрешностей можно установить и устранить.

К с л у ч а й н ы м относят погрешности, возникающие в результате случайных упругих деформаций заготовки, станка, приспособления и режущего инструмента, например, из-за неоднородности обрабатываемого материала.

## 12.9. Паспорт токарного станка

Паспорт является основным техническим документом, в котором содержатся основные технические данные и характеристики станка: наибольшие размеры обрабатываемых заготовок деталей, пределы частот вращения шпинделя, пределы подачи; наибольшее усилие, допускаемое механизмом подачи; мощность электродвигателя главного привода; габаритные размеры и масса станка. В паспорте приводятся основные параметры суппортов, шпинделя, резцовой головки, задней бабки и других основных частей станка, а также сведения по механике главного привода и подачи: частота прямого и обратного вращения шпинделя или планшайбы, наибольший допустимый крутящий момент, соответствующий частоте вращения шпинделя или планшайбы; ступени рабочих подач суппортов и скорости установочных перемещений, эскизы важнейших деталей станка с указанием рабочего пространства и крайних положений перемещения узлов и т. п.

В паспорте приводятся комплект приспособлений и принадлежностей, поставляемых заказчику со станком, сменные и запасные зубчатые колеса, инструмент

для обслуживания станка, ремни для главного привода, патроны, оправки, люнеты, центры упорные и вращающиеся, шкивы, вспомогательный инструмент и др.

В паспорте приводятся результаты испытания токарного станка на соответствие его нормам точности и жесткости, которые показывают допускаемые и фактические значения точности перемещений основных частей станка, а также точность обработки и качество обработанной поверхности образцов деталей. Паспорт станка необходим в процессе ремонта и эксплуатации станка, для выбора типа станка при разработке технологического процесса, назначения режимов обработки, проектирования оснастки и т. д.

## 12.10. Испытание и проверка станка на геометрическую точность

Требуемая точность и долговечность работы станка обеспечиваются правильной его установкой и креплением на фундаменте. Тип фундамента зависит от массы станка и сил инерции, действующих во время его работы. Фундаменты под металлорежущие станки бывают двух типов: первый — является только основанием для станка, второй — жестко связан со станком и придает ему дополнительную устойчивость и жесткость.

Токарные станки устанавливают, как правило, на фундаментах второго типа согласно установочному чертежу, который приводится в руководстве по эксплуатации. В чертеже на установку указывают необходимые размеры для изготовления фундамента, а также расположение станка в помещении с учетом свободного пространства для его выступающих и движущихся частей. При установке станка на бетонное основание размечают гнезда по размерам, соответствующим отверстиям крепления станины станка, а затем вырубляют гнезда под фундаментные болты. После установки и выверки станка по уровню фундаментные болты заливают цементным раствором. Установку станка в горизонтальной плоскости выверяют по уровню, который устанавливают в средней части суппорта параллельно или перпендикулярно оси центров. Измерения производят в трех положениях рабочего хода

суппорта на направляющих станка. Наибольшая алгебраическая разность показаний уровня не должна превышать 0,04 мм на 1000 мм. Если фундаментные болты были предварительно залиты, то выверку производят при незатянутых фундаментных болтах.

После установки и выверки станка на фундаменте должен быть произведен его внешний осмотр и испытание на холостом ходу, под нагрузкой в процессе работы на точность и жесткость.

После внешнего осмотра приступают к испытанию станка на холостом ходу. Проверку привода главного движения производят последовательно на всех ступенях частот вращения. Проверяют взаимодействие всех механизмов станка, их безотказность и своевременность включения и выключения от различных управляющих устройств, органов управления и др. Проверяют исправность действия систем смазывания, подачи СОЖ, гидро- и пневмооборудования станка.

При испытании на холостом ходу станок должен работать на всех режимах устойчиво, без стука и сотрясений, вызывающих вибрацию. Перемещение рабочих органов механическим или гидравлическим приводом должно происходить плавно без скачков и заеданий. При испытании на холостом ходу проверяют и паспортные данные станка (частоту вращения шпинделя, подачу, перемещение кареток суппорта и др.). Фактические данные должны соответствовать значениям, указанным в паспорте.

После проверки станка на холостом ходу приступают к испытанию станка под нагрузкой в условиях, близких к производственным. Испытание проводят образцов на таких режимах, при которых нагрузка не превышает номинальной мощности привода в течение основного времени испытания. При этом допускается кратковременная перегрузка станка по мощности, но не более 25 %. Время испытания станка под нагрузкой должно быть не менее 0,5 ч. Все механизмы и рабочие органы станка должны работать исправно; температура подшипников скольжения и качения не должна превышать 70—80 °С, механизмов подач — 50 °С, масла в резервуаре — 60 °С.

Новые станки, а также станки после ремонта проверяют на геометрическую точность в ненагруженном состоянии, на точность обработки и качество обработанной поверхности. Требования к точности станка изложены в руководстве по эксплуатации.

При контроле станка на точность проверяют радиальное биение наружной центрирующей и торцовое биение опорной поверхностей шпинделя; совпадение осей отверстий под инструменты в револьверной головке с осью шпинделя в вертикальной и горизонтальной плоскостях; перпендикулярность торцовой поверхности и параллельность перемещения револьверной головки к оси шпинделя и ряд других параметров.

Радиальное биение наружной центрирующей поверхности шпинделя проверяют индикатором 1, установленным на неподвижной части станка (рис. 12.8, а). Наконечник индикатора должен быть установлен перпендикулярно центрирующей поверхности шпинделя в точке касания. Радиальное биение, измеренное в двух взаимно перпендикулярных плоскостях, не должно превышать 8 мкм.

Торцовое биение опорной поверхности шпинделя проверяют индикатором 1, установленным на неподвижной части станка (рис. 12.8, б). Наконечник индикатора должен быть установлен перпендикулярно к опорной торцовой поверхности 2 шпинделя в точке касания. Торцовое биение вращающегося шпинделя, измеренное в двух диаметрально противоположных точках, не должно превышать 10 мкм.

Осевое биение шпинделя измеряют индикатором, установленным на неподвижной части станка так, чтобы его измерительный наконечник касался шарика 3, вставленного в центровое отверстие короткой оправки 4, или торца короткой оправки 5, установленной в калиброванном отверстии шпинделя. Осевое биение вращающегося шпинделя не должно превышать 8 мкм (рис. 12.8, в).

Параллельность оси шпинделя направлению перемещения суппорта в вертикальной и горизонтальной плоскостях измеряют индикатором 1 (рис. 12.8, г), установленным в револьверной головке так, чтобы его измерительный наконечник был пер-



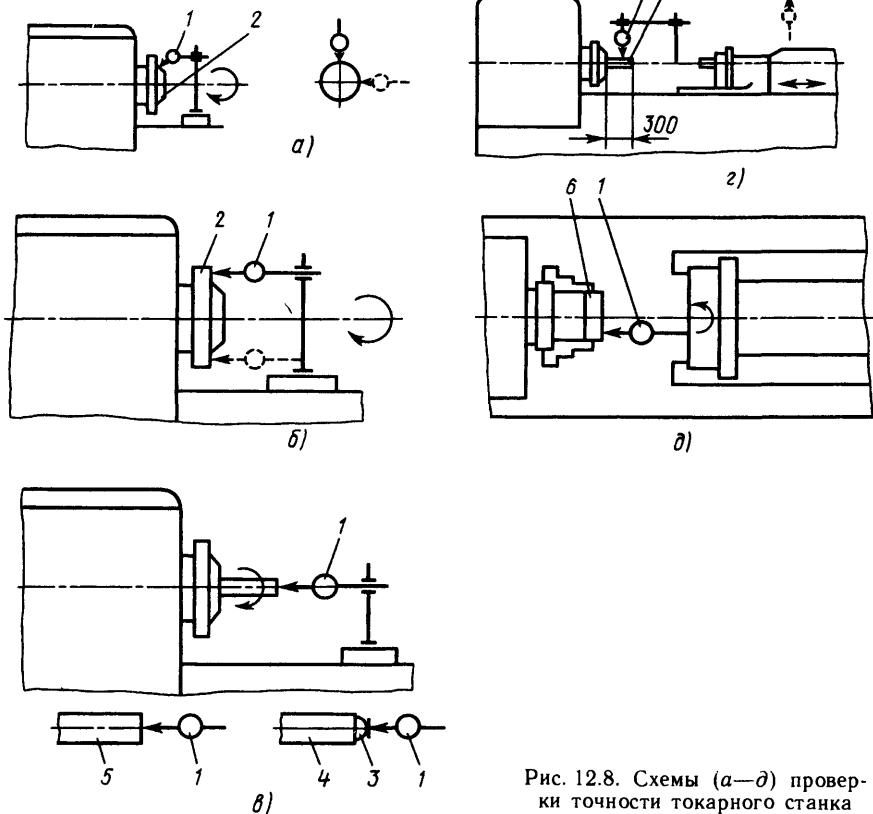


Рис. 12.8. Схемы (а—д) проверки точности токарного станка

пендикулярен в точке касания к цилиндрической поверхности оправки 5, закрепленной в шпинделе. Револьверный суппорт перемещают на длину 300 мм. Измерение производят в вертикальной и горизонтальной плоскостях по двум диаметрально противоположным образующим оправки 5 (поворотом шпинделя на  $180^\circ$ ). В вертикальной плоскости свободный конец оправки может отклоняться только вверх, а в горизонтальной — только вперед в сторону инструмента. Отклонение от параллельности определяют как среднее арифметическое значение результатов измерений в одной плоскости, которое не должно превышать 12 мкм.

Перпендикулярность направления перемещения револьверной головки к оси шпинделя при круговой подаче проверяют индикатором 1 (рис. 12.8, д), закрепленным в револьверной головке так, чтобы его измерительный наконечник был перпенди-

кулярен в точке касания к торцовой поверхности контрольной линейки или контрольного диска 6, закрепленного в шпинделе. Наконечник индикатора перемещают поворотом револьверной головки от периферии диска к центру так, чтобы расстояние от точки начала отсчета до центра равнялось 100 мм. Отклонение от перпендикулярности определяют как среднее арифметическое значение результатов двух измерений при повороте шпинделя на  $180^\circ$ , которое не должно превышать 8 мкм.

Точность работы станков проверяют также при обработке образцов по наружной цилиндрической поверхности. После чистовой обработки образца на станке определяют постоянно диаметра его обработанной поверхности в поперечном и в нескольких (не менее трех) поперечных сечениях в пределах длины образца. Отклонение от цилиндричности определяют как наибольшую разность диаметров,

которая для детали диаметром 40 мм не должна превышать 8 мкм в одном сечении и 12 мкм — в трех.

Прямолинейность торцевой поверхности образца после чистовой обточки резцами, закрепленными в револьверной головке, определяют с помощью линейки и концевых мер или щупа, а также индикатором, установленным в револьверной головке. Отклонение от прямолинейности определяют как половину разности показаний индикатора, которая для образца диаметром 200 мм, установленного в кулачках патрона, не должна превышать 16 мкм.

## 12.11. Основные сведения о фрезеровании

Фрезерование отличается от точения тем, что обработку поверхности заготовки осуществляют вращающимся многозубым инструментом — фрезой.

Различают два основных вида фрезерования: тангенциальное, когда ось вращения фрезы располагается параллельно обрабатываемой поверхности, и радиальное, при котором ось вращения фрезы перпендикулярна обрабатываемой поверхности.

Площадь поперечного сечения стружки, снимаемой зубом фрезы, непостоянна и изменяется от минимального до максимального значения  $a_{max}$  (рис. 12.9, а) при направлении вращения фрезы навстречу подаче (встречное фрезерование) или от максимального до минимального значения (рис. 12.9, б) при направлении вращения

фрезы, совпадающем с направлением подачи (попутное фрезерование).

Соответственно изменению поперечного сечения стружки происходит изменение нагрузки на фрезу и обрабатываемую деталь, что вызывает появление вибраций в системе станок — приспособление инструмента — деталь. Это явление может привести к разрушению режущих лезвий фрезы, расстроить наладку станка на заданный размер и т. п. Чем больше зубьев фрезы находится в работе, тем более спокойно протекает процесс фрезерования, так как суммарная площадь поперечного сечения среза становится почти постоянной в течение всего времени обработки.

В процессе обработки зубья фрезы изнашиваются по передней и задней поверхностям. Значение допустимого износа может быть установлено только практическим путем в зависимости от конкретных условий, так как нормативов нет. Время, в течение которого фреза может работать без переточки, связано с понятием стойкости.

При фрезеровании задают следующие параметры:

скорость резания  $v$  (м/мин) — окружную скорость точек лезвия фрезы, наиболее удаленных от оси вращения. Ее определяют по формуле  $v = \pi Dn/1000$ , где  $D$  — диаметр фрезы, мм;  $n$  — частота вращения, об/мин;

подачу  $S$  — путь, пройденный заготовкой относительно фрезы. Различают три вида подач: на зуб ( $S_0$ , мм/зуб), на оборот фрезы ( $S_z$ , мм/об) и минутную ( $S_{мин}$ , мм/мин);  $S_{мин} = S_z \cdot z \cdot n = S_0 n$ ;

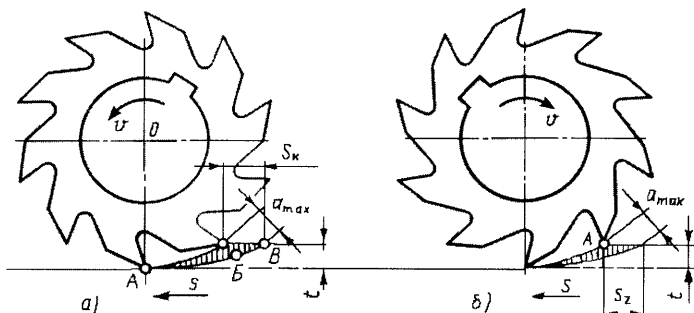


Рис. 12.9. Схемы фрезерования:

а — встречное (против подачи), б — попутное (по подаче)

глубину фрезерования  $t$  (мм) — слой обрабатываемого материала, снимаемого фрезой за один рабочий ход;

ширину фрезерования  $B$  (мм) — ширину обрабатываемой поверхности за один рабочий ход, измеренную перпендикулярно направлению подачи.

При выборе режимов резания придерживаются такой последовательности:

1. Если возможно, деталь фрезеруют за один рабочий ход ( $i=1$ ). При повышенных требованиях к точности и шероховатости поверхности иногда назначают два рабочих хода (первый — черновой, второй — чистовой).

2. Значения максимально допустимых подач ограничивают: при черновой обработке — учетом прочности и жесткости обрабатываемой детали, инструмента и станка; при чистовой обработке — требованиями к точности размеров и шероховатости обработанной поверхности.

3. При выборе скорости резания учитывают допустимую мощность резания при выбранном режиме. В случае перегрузки электродвигателя, когда мощность станка недостаточна, понижают скорость резания, а не глубину или подачу, так как при одинаковом увеличении машинного времени обеспечивается более высокая стойкость инструмента.

## 12.12. Основные сведения об абразивной обработке

Абразивный инструмент (шлифовальный круг) в отличие от лезвийного имеет на рабочей поверхности многочисленные режущие кромки абразивных зерен, геометрические параметры которых могут принимать любые произвольные значения. Примеры режущих кромок зависят в основном от величины абразивных зерен.

Перед началом работы производят правку шлифовального круга, причем с его рабочей поверхности снимают слой материала, придавая ей форму цилиндра (при обработке наружных и внутренних цилиндрических поверхностей) или форму фасонной поверхности, которую надо обработать.

Правкой восстанавливают режущую способность, геометрическую форму и структуру рабочей поверхности круга.

Правка может выполняться обтачиванием, обкатыванием и шлифованием.

При правке обтачиванием роль реза выполняет инструмент (карандаши, гребенки), режущей частью которого служат природные алмазы и сверхтвердые материалы (синтетические алмазы). Скорость правки равна скорости вращения шлифовального круга.

При правке обкатыванием рабочую поверхность круга восстанавливают дисками (абразивными, металлическими), которые вращаются при контакте с поверхностью шлифовального круга.

При правке шлифованием правящий инструмент с износостойкой поверхностью (алмазный ролик) имеет принудительное вращение, не зависящее от вращения шлифовального круга.

Режущая способность шлифовального круга в сочетании с режимами шлифования определяет интенсивность съема металла, т. е. объем металла  $Q_m$  (мм<sup>3</sup>/мин), снимаемый в единицу времени.

Шлифовальные круги работают с окружной скоростью  $v_k$ , равной 35, 50 и 60 м/с. Подача может быть непрерывной или периодической на глубину  $t$ ; различают подачу на один оборот детали ( $t_0$ , мм/об) на ход при шлифовании с продольной подачей ( $t_x$ , мм/х) и минутную ( $t_{мин}$ , мм/мин).

Рабочий цикл шлифования обычно выполняют в три этапа. На первом этапе с обрабатываемой поверхностью производят съем припуска с подачей (черновой), которая ограничивается жесткостью системы станок — приспособление — инструмент — деталь и режущей способностью круга. На втором этапе интенсивность съема снижают уменьшением подачи (чистовой) и обеспечивают размер обрабатываемой поверхности, близкий к заданному. На третьем этапе подачу выключают и за счет остаточных деформаций производят шлифование с малыми съемами металла до получения окончательного размера и заданной шероховатости (выхаживание).

С увеличением интенсивности съема  $Q_m$  увеличивается количество теплоты, выделяющейся в зоне резания. Наличие высоких температур в зоне резания может привести к изменению структуры поверхно-

стного слоя шлифуемой заготовки, прижогам и трещинам, тепловым деформациям и т. п. Чтобы обеспечить высокую производительность шлифования при заданном качестве поверхностного слоя, следует применять смазочно-охлаждающие жидкости, уменьшать твердость и применять более крупнозернистые круги.

#### Контрольные вопросы

1. Какие виды стружек образуются при резании?
2. Как образуется нарост, что влияет на его величину и как он влияет на процесс резания?

3. Как распределяются составляющие силы резания?

4. Как влияют различные факторы на износ инструмента?

5. Как формируется шероховатость поверхности при токарной обработке?

6. Как влияют вибрации на инструмент и качество обработки?

7. Как проверяют токарный станок на точность?

8. Чем отличается фрезерование от точения?

9. В чем сущность процесса шлифования?

## 13. Производственный и технологический процессы

### 13.1. Типы производства

Различают единичное, серийное и массовое производство. В условиях единичного производства на каждом станке производят обработку заготовок штучных деталей, отличающихся большим разнообразием форм, размеров, массы, материалов и т. д. Для обработки таких деталей применяют универсальные станки, универсальные приспособления и инструмент. В единичном производстве требуются рабочие более высокой квалификации, чем в серийном и массовом производстве.

В условиях серийного производства обработку заготовок деталей на станках производят повторяющимися партиями (или сериями). За каждым рабочим местом закрепляется несколько повторяющихся операций. В таком производстве наряду с универсальным оборудованием применяют оборудование, специализированное на выполнении определенных (одной или нескольких) операций; широко используют переналаживаемые быстродействующие приспособления, универсальный и специальный режущий, вспомогательный и измерительный инструмент. Серийное производство отличается от единичного более высокой производительностью труда и более коротким производственным циклом; его условно разделяют на мелко-, средне- и крупносерийное. Мел-

косерийное производство имеет много общего с единичным производством, а крупносерийное — приближается к массовому производству. В условиях массового производства обработку заготовок деталей производят партиями больших размеров в течение длительного времени, что позволяет использовать станки, оснастку и инструмент, предназначенные для выполнения определенных операций. Этому виду производства свойственна глубокая специализация рабочих мест.

Крупносерийное и массовое производство позволяет организовать выпуск деталей с высокой степенью автоматизации, создать автоматизированные производства и обеспечить самую высокую производительность труда по сравнению с другими типами производства.

На практике производственный процесс любого завода или цеха включает технологические процессы, характерные для единичного и серийного производства. Поэтому отнесение завода или цеха к определенному типу производства часто носит условный характер.

### 13.2. Производительность труда и пути ее повышения

Под производительностью труда понимают количество продукции, произведенное в единицу времени. Чем

меньше времени тратится на изготовление детали, тем выше производительность труда. Производительность труда зависит от конструкции станка и его технического состояния, квалификации станочника, оснащенности станка необходимым режущим и вспомогательным инструментом, от применения прогрессивной технологии и т. д. Производительность труда рабочего определяется количеством заготовок, обрабатываемых на данном рабочем месте, в единицу времени (час или смену).

Штучное время  $T_{шт}$  — технически обоснованная норма времени, необходимая для выполнения данной технологической операции при использовании современных методов обработки на основе передовой техники и опыта новаторов производства.  $T_{шт} = T_o + T_v + T_{т.о} + T_{о.о} + T_{отд}$ , где  $T_o$  — основное (машинное) время, в течение которого осуществляется изменение размеров, формы и шероховатости поверхности обрабатываемой заготовки;  $T_v$  — вспомогательное время, затрачиваемое на выполнение действий вспомогательного характера (на управление станком, установку, закрепление и снятие детали, подвод и отвод режущего инструмента, измерение детали и т. д.); сумма  $T_o + T_v$  — оперативное время;  $T_{т.о}$  — время, затрачиваемое на обслуживание станка в процессе работы (смазывание, удаление стружки, смена инструмента);  $T_{о.о}$  — время организационного обслуживания, затрачиваемое на подготовку станка к работе в начале смены и на уборку его в конце смены, а также на передачу станка сменщику;  $T_{отд}$  — время на отдых и естественные потребности.

Прежде чем приступить к работе, рабочему требуется затратить некоторое время на изучение чертежа, наладку станка, приспособления и инструмента, получить консультацию у мастера. Это время называют подготовительно-заключительным —  $T_{п.з}$ . Полное (калькуляционное) время —  $T_k$ , необходимое для выполнения операции при обработке заготовки детали, определяют по формуле  $T_k = T_{шт} + T_{п.з}/n$ , где  $n$  — количество деталей в партии.

Установлено, что при обработке на токарных станках затраты машинного времени могут составлять 30—72 % от общего времени, затрачиваемого на обработку

деталей, вспомогательного времени — 18—25 %, подготовительно-заключительного — 3—18 %, а затраты времени на организационное обслуживание — 2,0—6,5 %.

Основную долю штучного времени (70—90 %) составляют машинное и вспомогательное время, следовательно, одним из основных направлений повышения производительности труда на токарных станках является сокращение основного (машинного) и вспомогательного времени.

Прогрессивность технологического процесса определяется прежде всего применением наиболее совершенных заготовок, у которых форма и размеры приближаются к готовой детали. Уменьшение припусков на обработку повышает производительность труда и вместе с тем сокращает затраты труда, уменьшает отходы металла в стружку, уменьшает расход инструмента, электроэнергии и т. д.

Основное время может быть сокращено применением многоинструментальной обработки, инструмента повышенной стойкости из твердых сплавов и минералокерамических материалов и более совершенной конструкции; назначением режимов резания, наиболее полно использующих технологические возможности станка. При черновой обработке производительность определяется объемом стружки, снимаемым в единицу времени:  $q = vSt$ , где  $v$ ,  $S$  и  $t$  — соответственно скорость резания, подача и глубина резания. При чистовой обработке производительность характеризуется максимальной площадью поверхности и определяется произведением:  $F = vS$ . Глубина резания может быть ограничена припуском на обработку. В этом случае производительность может быть повышена увеличением скорости резания (скоростное резание) и подачи (силовое резание), а также сочетанием скоростного и силового резания, что позволяет в несколько раз уменьшить машинное время. Применение скоростного резания предъявляет повышенные требования к жесткости системы станок — приспособление — инструмент — деталь, так как при ее недостаточной жесткости возникающие вибрации снижают стойкость режущего инструмента и ухудшают качество обработанной поверхности.

Снижение вспомогательного времени эффективно повышает производительность труда. Это может быть достигнуто применением быстродействующих приспособлений (самозажимных поводковых патронов, приспособлений с гидро- и пневмоприводом и др.) для установки и крепления заготовок; применением фасонного и комбинированного режущего инструмента (рис. 13.1) и быстросменного вспомогательного инструмента (рис. 13.2); использованием устройств, сокращающих потери времени на подвод и отвод инструмента; повышением скорости холостых ходов; автоматизацией рабочего цикла, которая позволяет автоматизировать последовательность перемещений рабочих органов станка, изменяя режимы обработки и др.

Сокращение вспомогательного времени обеспечивается также при обработке заготовок с применением цикличности переходов. В этом случае переходы не повторяют, а выполняют в обратной последовательности, что исключает холостые ходы, т. е. последний переход для первой детали (растачивание отверстия, рис. 13.3) является первым переходом при обработке второй детали.

Основная часть подготовительно-заключительного времени тратится на наладку и настройку станка. Чем меньше

обрабатываемая партия деталей, тем чаще приходится переналаживать станок и, следовательно, больше  $T_{п.з.}$  Основные пути сокращения  $T_{п.з.}$  заключаются в использовании деталей-шаблонов для сокращения времени на наладку и настройку станка, в применении съемных, предварительно налаженных револьверных головок, в установке предварительно налаженного на размер инструмента, в применении унифицированных и механизированных приспособлений и унифицированного вспомогательного инструмента.

Производительность труда в значительной степени зависит от квалификации станочника, совершенства его навыков и использовании передового опыта новаторов и достижений науки и техники.

Повысить производительность труда и улучшить организацию производственного процесса позволяет внедрение метода групповой обработки, при котором за основу берут не отдельную заготовку, а группу сходных по конструкции и размерам заготовок. При этом используют одинаковые приспособления и режущий инструмент без переналадки станка. Сущность метода групповой обработки заключается в том, что все детали разбивают на классы по видам обработки, выполняемой на токарных, револьверных,

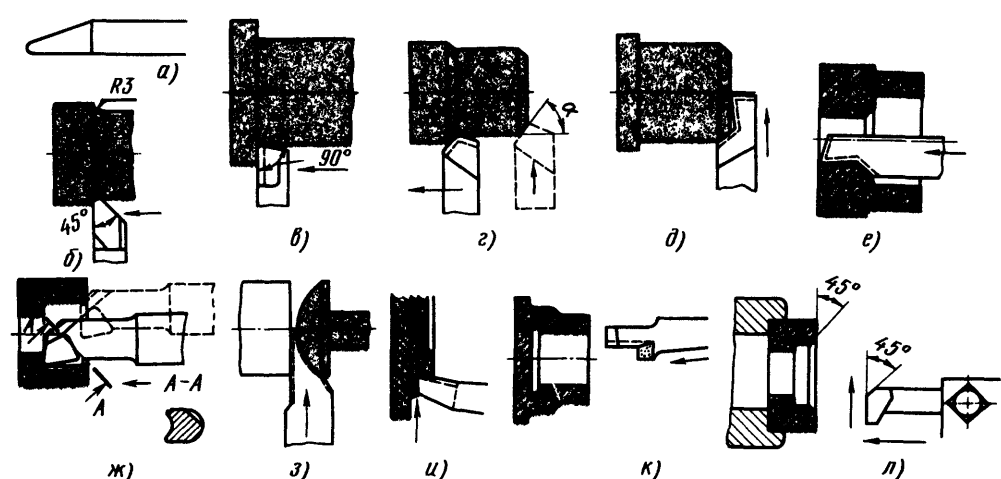


Рис. 13.1. Комбинированные резцы:

а — для подрезки торцов и обработки канавок, б — для чистового обтачивания, обработки галтелей и подрезки торцов, в — для подрезки торца и обработки напроход, г и д — для обработки напроход и снятия фаски, е и ж — для растачивания и снятия фаски, з — для фасонной обработки и отрезки, и — для фасонной обработки по наружной и торцовой поверхностям, к и л — для растачивания, подрезки торца и снятия фаски

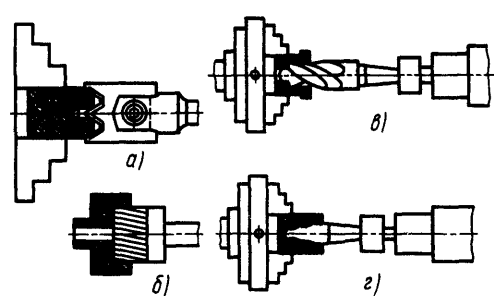


Рис. 13.2. Вспомогательный инструмент:

*a* — комбинированный зенкер для обработки наружных и внутренних фасок, *б* — торцовый зенкер для растачивания отверстий, *в*, *г* — комбинированные сверла

фрезерных, сверлильных и других станках. Каждый класс разбивают на группы сходных деталей (рис. 13.4). В каждой группе определяют деталь, которая имеет все элементы поверхностей, встречающиеся в группе (рис. 13.5), устанавливают требования к точности обработки и шероховатости поверхности детали и разрабатывают технологический процесс для ее изготовления. При этом учитывают сходство видов заготовки, единство вспомогательного и режущего инструмента и одинаковую последовательность операций. В результате разрабатывают несколько технологических процессов, имеющих ряд общих элементов (одинаковый способ крепления заготовки, совершенно одинаковые переходы, в том числе проточка, центровка, сверление, подрезка, отрезка и др.), обязательных при изготовлении всех деталей

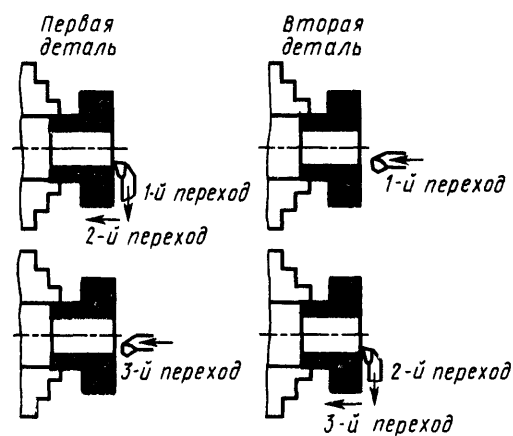


Рис. 13.3. Цикличность переходов при обработке втулки

группы, и имеющих незначительное количество переходов, собственных отдельным деталям (проточка уступов, канавок, нарезание резьбы и т. д.). Разработанные технологические процессы и схемы настройки инструмента револьверных головок, имеющие между собой много общего, могут быть объединены в один (групповой) технологический процесс с общей схемой наладки станка.

Предварительно составленный групповой технологический процесс проверяется и окончательно обрабатывается технологом совместно с наладчиком токарного станка в процессе пробного изготовления деталей данной группы. При этом уточняются детали, которые могут быть обработаны по данному процессу и данным схемам наладки и настройки станка, достижимые точность и качество обработки деталей, а также перечень необходимого вспомогательного инструмента.

Применение группового метода обработки заготовок деталей на токарных станках и создание на этой основе групповой схемы наладки и настройки станков позволяет переходить от изготовления одной детали к другой при незначительной затрате времени, необходимого на подналадку станка. Время наладки станка при этом методе сокращается в 2—6 раз по сравнению с временем наладки традиционным методом. Работа по групповому методу предусматривает закрепление за данным станком определенной группы деталей, что позволяет предусмотреть в конструкции и наладке станка элементы, повышающие производительность обработки. Дальнейшему повышению производительности труда способствует внедрение технологических процессов с использованием станков с ЧПУ. На их основе создаются технологические процессы для изготовления большой номенклатуры деталей.

Задачи повышения производительности при токарной обработке наиболее полно решаются при использовании станков с системами ЧПУ, промышленными роботами и автоматическими манипуляторами, с групповыми методами технологии обработки и организации производства. Эти станки оснащены 12-, 14-, 16-местными инструментальными револьверными голов-

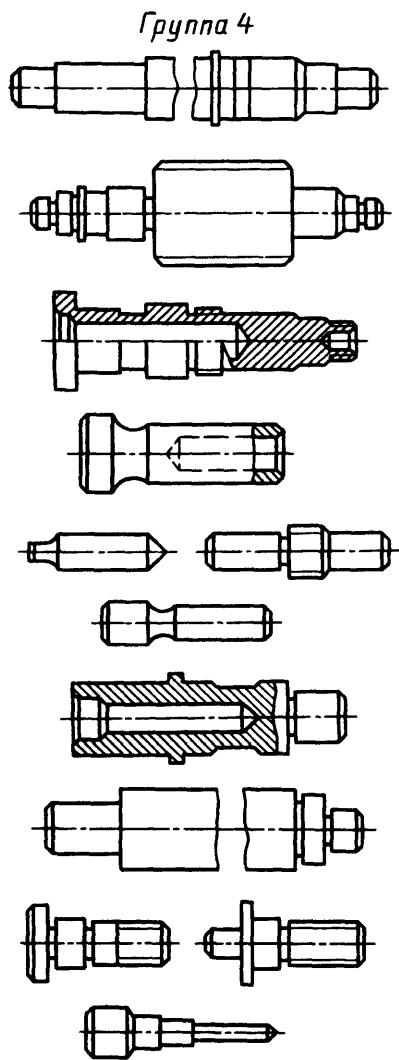
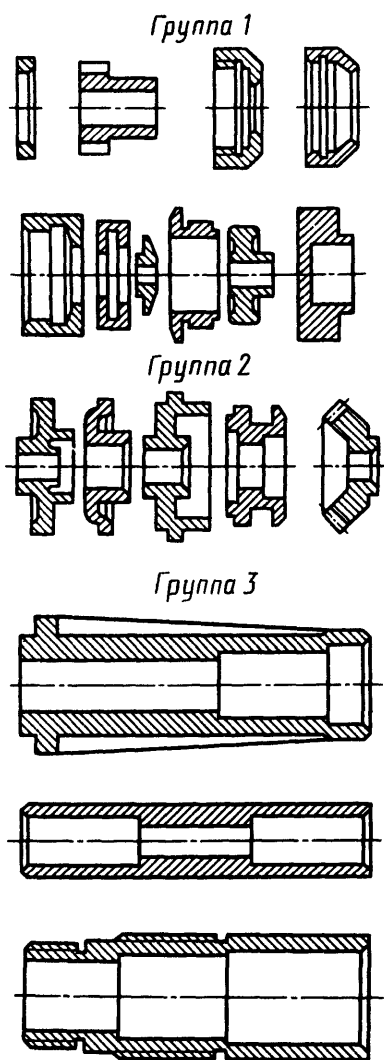


Рис. 13.4. Группы заготовок, обрабатываемые на токарном станке без переналадки

ками (одной или двумя), имеющими 4, 6, 12 позиций для вращающихся инструментов с отдельными приводами (рис. 13.6). Вращение инструмента в револьверной головке осуществляется от индивидуального привода с автономным двигателем. Частота вращения инструмента 315—2500 мин<sup>-1</sup>.

Многооперационные станки-автоматы в сочетании с ЧПУ обеспечивают гибкость производства, так как переход с одной операции на другую представляет собой смену перфоленты или вызов из памяти УЧПУ нужной управляющей программы (УП) без замены или с частичной заменой

предварительно настроенных инструментов и специальных элементов универсального станочного приспособления (УСП). В подобных станках с двумя инструментальными головками устройство ЧПУ обеспечивает одновременное программируемое перемещение одной каретки с инструментами по осям X и Z, а второй — по параллельным осям X', Z'. Таким образом, конструкция станка, его кинематика и система электронного управления позволяют осуществить комплексную обработку соосных и несоосных поверхностей и отверстий за один установ различных



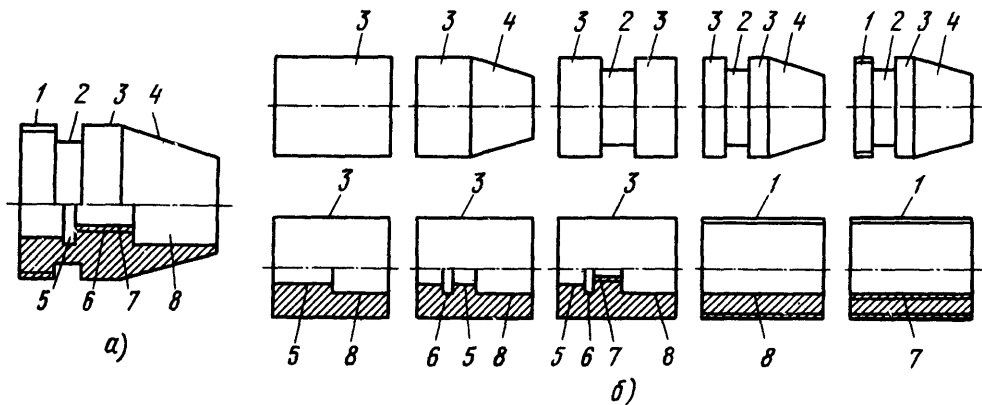


Рис. 13.5. Комплексная (а) и другие детали (б) группы для токарной обработки:

1 — наружная резьба, 2 — наружная канавка, 3 — цилиндрическая наружная поверхность, 4 — коническая наружная поверхность, 5 — внутренняя поверхность с уступами, 6 — внутренняя канавка, 7 — внутренняя резьба, 8 — внутренняя цилиндрическая и торцовая поверхности

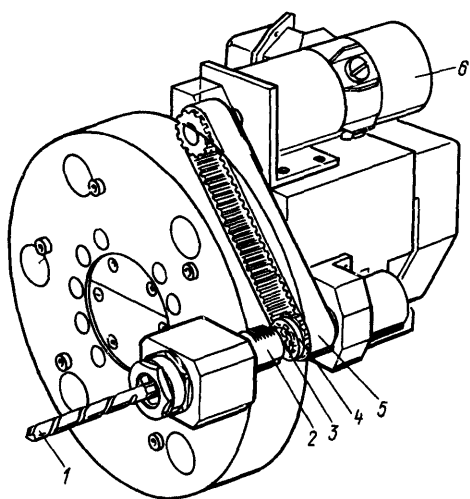


Рис. 13.6. Револьверная головка с приводом 6 для инструмента 1: 2 — шпиндель инструмента, 3 и 4 — зубчатые полушестерни, 5 — зубчатая ременная передача

ми инструментами, например операции (рис. 13.7) точения, растачивания, фрезерования пазов, лысок, скосов (пальцевыми, дисковыми и другими фрезами), сверления, развертывания, резьбонарезания.

Создание участков из станков с ЧПУ с оперативной системой числового программного управления и управляемых от ЭВМ позволяет автоматизировать процесс обработки деталей и перейти к созданию так называемой безлюдной технологии. Сущность этого производственного процесса заключается в том, что комплекс технологического оборудования (рис. 13.8), участвующего в изготовлении деталей (станков, транспортного, контрольного, складского и другого оборудо-

вания), может работать в автоматическом режиме. Управление работой комплекса технологического оборудования осуществляется от ЭВМ. Организация обслуживания этого комплекса должна периодически (одну или две смены при трехсменной работе) позволять обрабатывать детали без участия рабочих.

### 13.3. Выбор рациональных режимов обработки

Назначение режима резания — это выбор оптимального сочетания глубины резания, подачи и скорости резания, обеспечивающих требуемое качество детали и наименьшую трудоемкость при полном

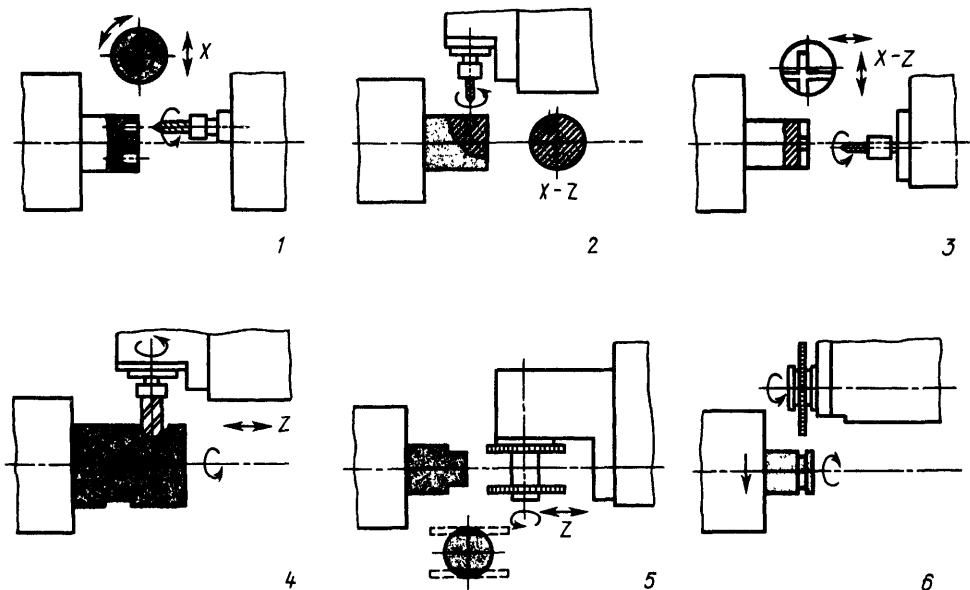


Рис. 13.7. Примеры технологических возможностей токарных станков с ЧПУ:  
 1, 2 — нецентровое сверление и резьбонарезание, 3 — торцовое фрезерование и сверление, 4 — фрезерование пазов, 5 — фрезерование лысок, 6 — фрезерование канавок

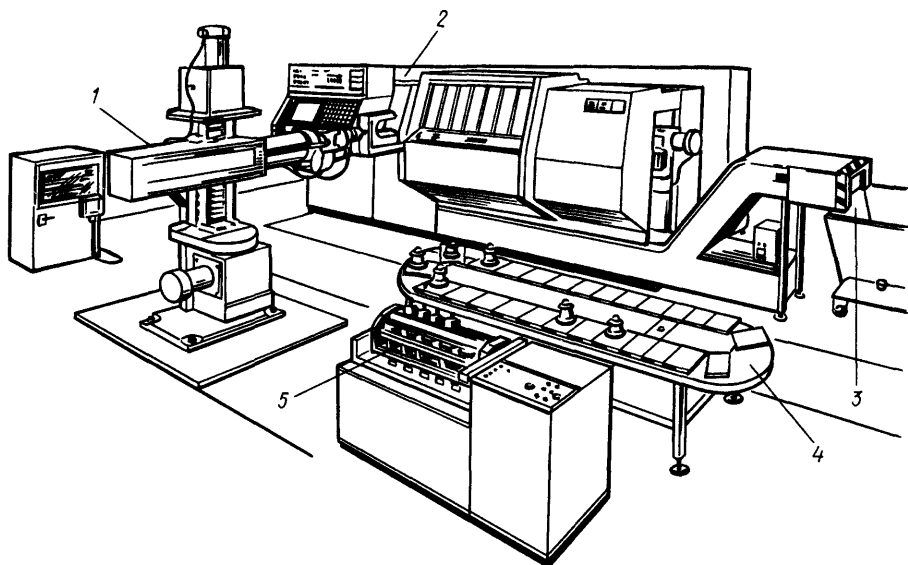


Рис. 13.8. Станочный комплекс:

1 — робот, 2 — токарный полуавтомат, 3 — устройство для отвода стружки, 4 — стол для заготовок деталей, 5 — инструментальный магазин

использовании режущих свойств инструмента и эксплуатационных возможностей станка.

Глубина резания, устанавливаемая в зависимости от припуска на обработку, в меньшей степени влияет на стойкость

инструмента, чем скорость резания и подача. Поэтому при черновой обработке назначают максимально возможную глубину резания, чем обеспечивают снятие большей части припуска за один рабочий ход. При получистовой обработке глубина ре-

зания равна 1—4 мм, при чистовой — 0,1—1 мм в зависимости от требований к точности и качеству обработки.

Подача влияет на стойкость инструмента меньше, чем скорость резания. Поэтому после назначения глубины резания производят выбор подачи. При черновой обработке назначают максимально возможную подачу, допускаемую прочностью станка, режущего инструмента и обрабатываемой заготовки. При чистовой обработке подача ограничивается требованиями к точности и качеству поверхности.

В зависимости от выбранной глубины резания и подачи определяют необходимую скорость резания и проверяют ее до допускаемой мощности резания, чтобы обеспечить максимально возможную производительность обработки. Выбранную скорость резания проверяют по соответствующим формулам или по нормативным данным справочников.

Затем определяют расчетную частоту вращения по формуле  $n_p = 1000/\pi D$  шпинделя станка, где  $D$  — наибольший диаметр обрабатываемой заготовки, мм. Расчетную частоту вращения шпинделя  $n_p$  сравнивают с паспортными данными станка и определяют по ним ближайшую меньшую или равную частоту вращения шпинделя ( $n_\phi \leq n_p$ ), где  $n_\phi$  — частота вращения шпинделя, выбранная по паспорту станка. Затем определяют фактическую скорость резания (м/мин) по формуле  $v_\phi = \pi D n_\phi / 1000$ .

Выборный режим резания проверяют по мощности. Мощность, затрачиваемая на резание, должна быть меньше или равна мощности на шпинделе  $N_{шп}$ , т. е.  $N_p \leq N_{шп} = N_m \eta$ , где  $N_m$  — мощность электродвигателя и  $\eta$  — коэффициент полезного действия (кпд) станка. Если расчетная мощность резания окажется больше мощности на шпинделе, скорость резания уменьшают.

Выборный режим резания проверяют также по крутящему моменту. Крутящий момент резания должен быть меньше или равен допустимому крутящему моменту на шпинделе, т. е.  $M_p \leq M_{шп}$ . Кроме того, выборный режим резания проверяют по прочности механизма подачи станка, стойкости режущей пластинки и жесткости

державки резца. Критерием для оценки производительности выбранного режима служит основное (машинное) время.

### 13.4. Экономическая оценка технологических процессов

Критерием целесообразности выбранного технологического процесса является его экономичность. При этом учитывается экономически оправданное повышение производительности при заданном качестве деталей. Необоснованное завышение производительности может привести к ухудшению качества деталей, к увеличению расхода инструмента и других затрат.

При сравнении экономической сопоставляют себестоимости различных вариантов технологических процессов или отдельных операций. Себестоимость детали устанавливают бухгалтерским или дифференцированными методами. При бухгалтерском методе себестоимость  $C_1$  детали определяют по формуле  $C_1 = M + Z + K$ , где  $M$  — стоимость материалов за вычетом отходов, руб.;  $Z$  — прямая заработная плата производственных рабочих, руб.;  $K$  — начисления на заработную плату, связанные с социальными расходами, и накладные расходы (цеховые и общезаводские), руб. Накладные расходы включают затраты на содержание и амортизацию оборудования, приспособлений, инструмента, зданий и сооружений, затраты на содержание административно-технического персонала, вспомогательных рабочих и др. Бухгалтерский метод расчета себестоимости не позволяет оценить влияние ряда важных факторов на себестоимость изготовления отдельной детали.

Если нужно произвести более точный расчет, себестоимость определяют дифференцированным методом по формуле  $C_2 = M + O + П + И + Z + K$ , где  $П$  — расходы на амортизацию и содержание технологической оснастки, приходящиеся на отдельную деталь, руб.;  $O$  — расходы на амортизацию и содержание оборудования, приходящиеся на отдельную деталь, руб.;  $И$  — расходы на амортизацию и содержание инструмента, приходящиеся на отдельную деталь, руб.

Для сопоставления себестоимости нескольких (конкурирующих) вариантов

технологических процессов применяют графоаналитический метод. Все расходы, из которых складывается себестоимость детали, делят на две группы:  $m$  — расходы, прямо пропорциональные количеству изготовленных деталей за определенный промежуток времени (заработная плата рабочих и наладчиков, стоимость материалов, расходы на содержание и амортизацию оборудования, приспособлений и инструмента, расходы на электроэнергию);  $b$  — расходы, не зависящие от количества изготовленных деталей (стоимость оборудования, приспособлений, инструмента, расходы на отладку техпроцесса и другие периодические расходы).

Себестоимости изготовления партии деталей определяют по формулам  $C = mx + b$ ,  $C' = m + b/x$ , где  $x$  — число деталей в партии. Графики изменения  $C$  и  $C'$  приведены на рис. 13.9. При этом следует учитывать, что число изделий в партии можно увеличивать до определенных пределов, так как с превышением последних потребуются дополнительные периодические расходы на оборудование, приспособления, инструмент и др., что приведет к скачкообразному увеличению величины  $b$ .

Если необходимо сравнить себестоимость трех вариантов обработки деталей:  $C_1$  — на токарном,  $C_2$  — на револьверном станке и  $C_3$  — на автомате, то потребуются рассмотреть следующие зависимости:  $C_1 = m_1x + b_1$ ;  $C_2 = m_2x + b_2$ ;  $C_3 = m_3x + b_3$ .

Для простоты расчетов представим, что  $b_1$ ,  $b_2$  и  $b_3$  включают стоимость станка. Так как единовременные затраты для револьверного станка меньше, чем для автомата, и больше, чем для токарного станка, то  $b_1 < b_2 < b_3$ . Предположим, что  $m_1$ ,  $m_2$  и  $m_3$  определяют затраты на материалы и заработную плату производственным рабочим. Если затраты на материал во всех случаях одинаковы, а зарплата на револьверном станке выше, чем на автомате, и ниже, чем на токарном станке, то получим  $m_1 > m_2 > m_3$ . Величины  $m_1$ ,  $m_2$  и  $m_3$  в формулах определяют тангенсы углов наклона прямых к оси  $X$ , и поэтому для револьверного станка угол наклона прямой будет меньше, чем угол наклона прямой для токарного станка, и больше, чем для автомата.

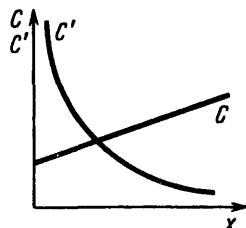


Рис. 13.9. Графики изменения  $C$  и  $C'$  в зависимости от числа  $x$  изделий в партии

На рис. 13.10 дано графическое изображение изменения себестоимости обработки с ростом числа обрабатываемых деталей в партии. При  $x = x_1$  затраты  $C_1$  на токарный станок, приспособления и инструмент возрастают вдвое, а при  $x = x_3$  — в три раза. Следовательно, при этих значениях  $x$  затраты возрастают скачкообразно. При  $x = x_3$  расходы  $C_2$  на револьверный станок, приспособления и инструмент возрастают вдвое. При изготовлении деталей на автомате дополнительных затрат  $C_3$  с ростом числа обрабатываемых деталей почти не требуется.

Следовательно, при  $x < x_1$  рационален вариант обработки деталей на токарном станке, при  $x_1 < x < x_3$  — на токарно-револьверном станке, а при  $x > x_3$  — на токарном автомате.

#### Контрольные вопросы

1. Дайте характеристику типов производства.
2. Как определяют штучное время?
3. Какие известны методы повышения производительности труда?
4. Как оценивается эффективность технологических процессов?

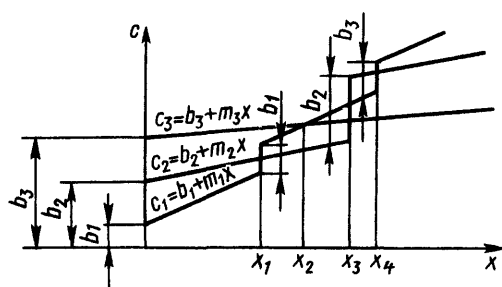


Рис. 13.10. Графики изменения себестоимости обработки партии деталей в зависимости от числа  $x$  деталей в партии и типа токарного станка

# 14. Машины, механизмы и механические передачи

## 14.1. Основные сведения

В своей деятельности человек создавал технические устройства, облегчающие труд и повышающие его физические возможности. Для приведения в действие этих устройств человек применял силу своих мускулов или преобразовал и использовал силы природы.

Так появились **машины**, которые состоят из приводной части, преобразующей различные виды энергии в энергию движения, и исполнительных механизмов — рабочих органов, выполняющих полезную работу, и механических передач, которые передают энергию движения от приводной части машины к рабочим органам.

Энергия движения в машине передается при взаимодействии различных деталей, некоторые из них являются неподвижными и обеспечивают возможность подвижным деталям преобразовывать и изменять механическую энергию и направление передачи движения внутри машины. В некоторых случаях взаимодействующие детали для удобства их применения и в соответствии с их назначением конструктивно объединяются в сборочные единицы (узлы). Для рассмотрения процесса передачи механической энергии внутри машины взаимодействующие детали и сборочные единицы принято рассматривать парами.

Кинематической парой называют подвижное соединение двух соприкасающихся звеньев. Свойства пары зависят от формы тех поверхностей, которыми звенья соприкасаются при своем возможном относительном движении. Пара, в которой отсутствует относительное движение между соприкасающимися звеньями, называется соединением. Звенья могут состоять из отдельных деталей или нескольких деталей, неподвижно скрепленных друг с другом.

В кинематических парах следует различать ведущие и ведомые звенья. Звено, задающее движение в кинематической паре, называют **ведущим**, а звено, полу-

чающее движение, — **ведомым** или иногда **рабочим**.

Система подвижно соединенных звеньев представляет собой кинематическую цепь. Если кинематическая цепь предназначена для получения вполне определенных движений ведомых звеньев, ее называют **механизмом**. Для графического изображения кинематических пар применяют условные обозначения. Кинематические цепи, вычерченные с использованием условных обозначений кинематических пар, называют кинематическими схемами. Кинематические схемы представляют собой систему последовательно расположенных взаимодействующих звеньев, связывающих рабочие звенья с источником движения.

## 14.2. Механические передачи токарных станков

Механизмы, предназначенные для передачи энергии (с преобразованием скоростей и соответствующим изменением сил и моментов), называют **механическими передачами**.

Ременные передачи в токарных станках применяют в основном для изменения частоты вращения при передаче движения от электродвигателя к коробке скоростей. Ременная передача состоит из ведущего *A* и ведомого *B* шкивов и соединяющего их бесконечного ремня (рис. 14.1, *a*), который может быть плоским (рис. 14.1, *б*), поликлиновидным, т. е. состоять из набора клиновых ремней (рис. 14.1, *в*), и зубчатым (14.1, *г, д*).

Оба шкива ременной передачи вращаются в одну сторону. Частота вращения ведомого шкива может быть больше или меньше частоты вращения ведущего в зависимости от соотношения диаметров шкивов.

Отношение частоты  $n_a$  вращения ведущего шкива к частоте  $n_6$  вращения ведомого шкива называют передаточным отношением  $u$  ременной передачи, которое обратно пропорционально отношению диаметров шкивов:  $u = n_a/n_6 = D_6/D_a$ .

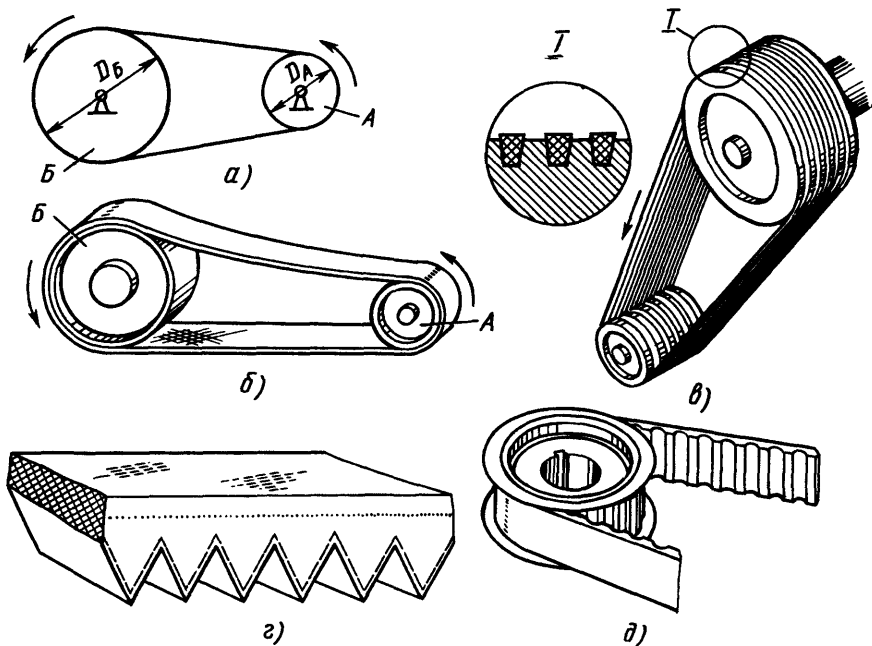


Рис. 14.1. Ременные передачи (а—д)

Зубчатые передачи (рис. 14.2) используют для изменения частоты и направления вращения при передаче движения от ведущего к ведомому валу, которые могут быть расположены параллельно и под углом друг к другу.

Передаточное отношение зубчатых колес, находящихся в зацеплении, определяют по формуле  $u = n_1/n_2 = z_2/z_1$ , где  $n_2$  и  $n_1$  — частота вращения ведомого и ведущего зубчатых колес, а  $z_2$  и  $z_1$  — соответственно число их зубьев. Зубчатые колеса, зубья которых располагаются параллельно оси вращения, называются прямозубыми цилиндрическими и могут быть наружного (рис. 14.2, а) и внутреннего (рис. 14.2, б) зацепления. У косозубых зубчатых колес зубья (для увеличения длины контакта) располагают под углом к оси вращения (рис. 14.2, в). Для передачи вращения валом, расположенным под углом, служат конические передачи (рис. 14.2, г), которые могут быть выполнены с прямым и криволинейным зубом. Винтовые (рис. 14.2, д) и червячные (рис. 14.2, е) передачи соединяют валы с перекрещивающимися валами.

Реечную передачу используют для преобразования вращательного движения

в поступательное (рис. 14.3, а, в), она может быть выполнена с прямозубым или косозубым зацеплением цилиндрического колеса с рейкой. Перемещение рейки определяют по формуле  $S = 2\pi m z n$ , где  $m$  — модуль,  $z$  — число зубьев колеса,  $n$  — частота вращения зубчатого колеса. Для реечной передачи с червяком (см. рис. 14.3, в) перемещение рейки определяют по формуле  $S = \pi m z n$ , где  $z$  — число заходов червяка.

Винтовую передачу используют также для преобразования вращательного движения в поступательное, она состоит из винта и гайки (см. рис. 14.3, б). При одном обороте винта или гайки сопрягаемый элемент перемещается на шаг резьбы. В винтовой паре скольжения затрачиваются значительные усилия на преодоление сил трения, которые приводят к износу витков сопрягаемых элементов и увеличению зазоров. Для обеспечения точности и стабильности перемещения рабочих органов применяют передачу винт — гайка качения, в которой винт и гайка сопрягаются посредством шариков.

Цепная передача служит для изменения частоты вращения при передаче вращения от ведущего к ведомому,

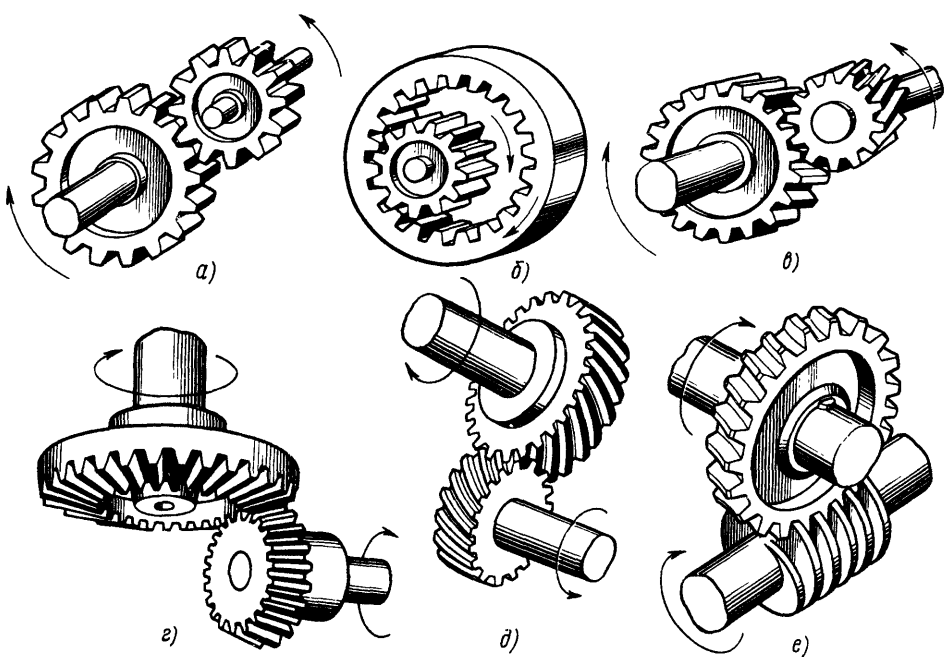


Рис. 14.2. Зубчатые передачи (а—е) для вращательных движений

расположенным на значительном расстоянии друг от друга. В отличие от ременных цепные передачи работают при меньших окружных скоростях и передают значительные мощности без проскальзывания. Цепная передача (рис. 14.4) состоит из звездочек 1, насаженных на ведущий и ведомый валы и соединенных втулочно-роликковой цепью. Цепь состоит из наружных 2 и внутренних 3 звеньев, соединенных втулкой 6 с роликом 4 на оси поворота 5. Звездочки могут быть соединены также зубчатой цепью (рис. 14.5), которая по своей работоспособности превосходит втулочно-роликковую и работает при больших

окружных скоростях и с меньшим шумом. Передаточное отношение цепной передачи определяют по формуле  $u = n_2/n_1 = z_1/z_2$ , где  $n_1$  и  $n_2$ ,  $z_1$  и  $z_2$  — соответственно частота вращения и число зубьев ведущей и ведомой звездочек.

Фрикционные передачи применяют в приводах станков для бесступенчатого изменения передаточного отношения между ведущим и ведомым звеньями.

В фрикционном вариаторе используют специальные клиновидные ремни или стальные кольца, которыми соединяются ведущие и ведомые раздвижные конусные

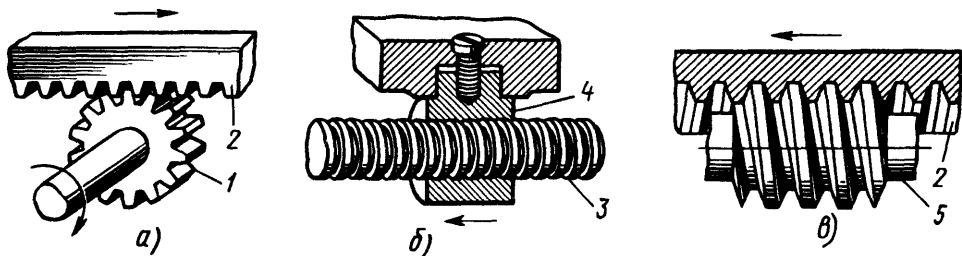


Рис. 14.3. Зубчатые передачи для преобразования вращательного движения в поступательное: а — реечная с цилиндрическим зубчатым колесом, б — винтовая с гайкой скольжения, в — реечная с червяком: 1 — колесо, 2 — рейка, 3 — винт, 4 — гайка, 5 — червяк

### 14.3. Соединения

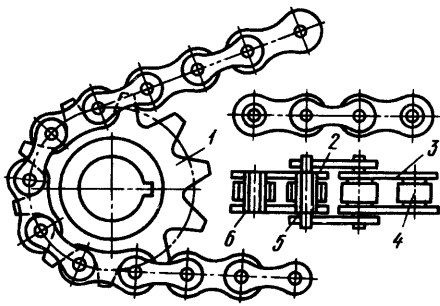


Рис. 14.4. Цепная передача с втулочно-роликовой цепью

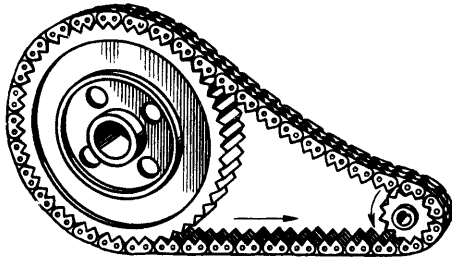


Рис. 14.5. Цепная передача с зубчатой цепью

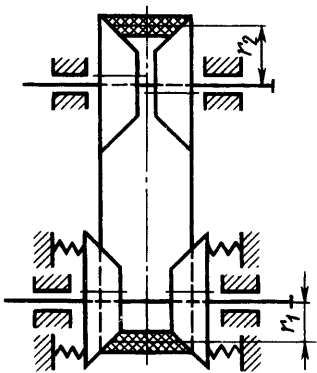


Рис. 14.6. Фрикционный вариатор

шкивы (рис. 14.6). Осевое сближение одной пары конусных шкивов вызывает осевое удаление друг от друга второй пары, соответственно с этим изменяются радиусы контакта  $r_1$  и  $r_2$  ремня со шкивами и передаточное отношение  $u = r_2/r_1$ . Пределы изменения скорости характеризуются диапазоном регулирования  $D = u_{\max}/u_{\min}$ . Для вариатора с клиновидными ремнями  $D = 8 \div 15$ .

Размещение и установка механических передач в станке, а также их взаимная связь обеспечиваются соединениями (рис. 14.7).

Различают разъемные и неразъемные соединения. К разъемным относят такие соединения, которые при необходимости можно разобрать на составные части для выполнения необходимых работ, например по ремонту и смазке, и опять соединить вместе. К неразъемным относят соединения, которые не подлежат разборке на составные части, например сварные, клепаные.

Соединения могут быть подвижными и неподвижными. К подвижным относят соединения, у которых детали перемещаются без нарушения взаимных связей. К неподвижным относят неразъемные и разъемные соединения.

Клиновые соединения образуются при соединении клином 1 деталей 2 и 3 (рис. 14.8). Этот метод позволяет быстро разъединить или соединить детали 2 и 3. Наиболее распространено соединение деталей цилиндрическими и коническими штифтами, которые имеют различное назначение: фиксируют взаимное положение деталей, передают осевое усилие или момент между соединяемыми деталями и др.

Силы, действующие в клиновом соединении, показаны на рис. 14.9. Под действием силы  $Q$  клин 1, перемещаясь по плоско-

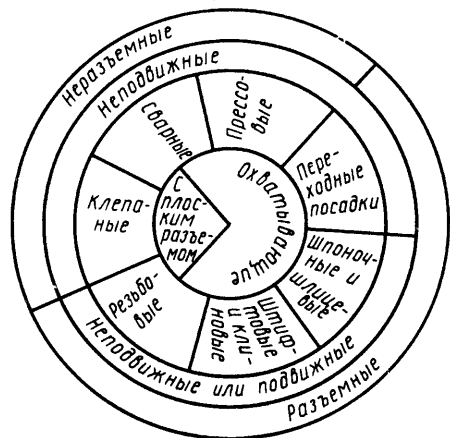


Рис. 14.7. Классификация наиболее распространенных соединений



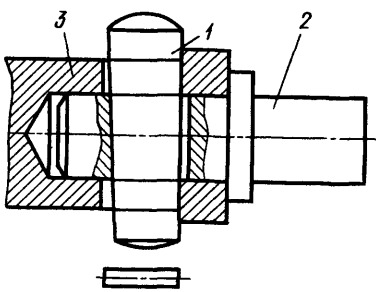


Рис. 14.8. Клиновое соединение

сти  $cd$ , наклонной поверхностью  $ab$  создает вертикальную силу зажима  $W$ , которой противодействуют сила  $N$ , направленная перпендикулярно наклонной плоскости клина, и силы  $F_1$  и  $F_2$  трения, направленные в сторону, противоположную новой действию силы  $Q$ . Равнодействующей сил  $N$  и  $F_1$  является сила  $R_1$ , которую можно разложить на составляющие  $W$  и  $T$ . Из условия равновесия сил, действующих в клиновом соединении, находим, что вертикальные составляющие  $W$  силы зажима взаимно уравниваются, а сила  $Q$  уравнивается силами  $T$  и  $F_2$ , т. е.  $Q = T + F_2 = W [\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg} \varphi_2]$ . Из треугольника сил  $T = W \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1)$ ;  $F_2 = W \operatorname{tg} \varphi_2$ . При наличии трения только на наклонной плоскости ( $\operatorname{tg} \varphi_2 = 0$ )  $W = Q / \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1)$ .

В рассматриваемом клиновом соединении  $\alpha$  — угол наклона рабочей (наклонной) поверхности  $ab$  клина;  $\varphi_1$  — угол тре-

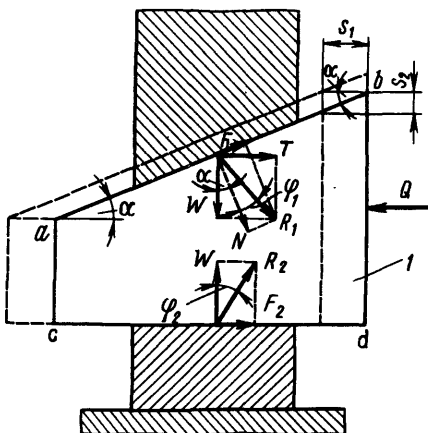


Рис. 14.9. Силы, действующие в клиновом соединении

ния скольжения на наклонной поверхности  $ab$  клина;  $\varphi_2$  — угол трения скольжения на горизонтальной поверхности  $cd$  клина;  $\operatorname{tg} \varphi_1 = f_1$  — коэффициент трения скольжения на наклонной поверхности клина;  $\operatorname{tg} \varphi_2 = f_2$  — коэффициент трения скольжения на горизонтальной поверхности клина. Отношение силы  $W$  зажима к исходной силе  $Q$  называют передаточным отношением  $u_c$  сил. Если  $\operatorname{tg} \varphi_2 = 0$ , то  $u_c = u_c = W/Q = 1/\operatorname{tg}(\alpha - \varphi_1)$ .

При  $Q = 0$  сила  $W$  зажима становится движущей и стремится сдвинуть клин вправо. При этом силы  $F_1$  и  $F_2$  трения изменят свое направление на противоположное и будут препятствовать движению клина вправо; соответственно сила  $R_1$  будет действовать с левой стороны по отношению к силе  $N$ . Следовательно, сила, выталкивающая клин,  $T = W [\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) - \operatorname{tg} \varphi_2]$ ; из формулы вытекает, что при  $\alpha \rightarrow \varphi$  клин не может быть приведен в движение, т. е. наступает самоторможение клинового механизма. Самоторможение клина при наличии трения на двух поверхностях определяется неравенством  $\alpha \leq \varphi_1 + \varphi_2$  или  $\alpha \leq 2\varphi$  при  $\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi$ . Для сопряженных стальных поверхностей коэффициент трения скольжения  $f = \operatorname{tg} \varphi = 0,1$ , откуда  $\varphi = 5^\circ 41'$ . Следовательно, самоторможение клина при наличии трения на двух поверхностях будет обеспечиваться при  $\alpha \leq 11^\circ$ .

Резьбовые соединения наиболее распространены при креплении деталей. В одних случаях резьба может быть выполнена непосредственно на соединяемых деталях, в других — для соединения деталей применяют стандартизованные детали (болты, гайки, шпильки и др.), которые называют крепежными.

В большинстве случаев основным элементом, определяющим точность резьбового соединения, является средний диаметр резьбы  $d_{\text{ср}}$ . Резьбовые соединения собирают с предварительным натяжением стержня крепежной детали и без предварительного натяжения.

Предварительную затяжку для создания натяжения в теле соединительной крепежной детали (болта, шпильки и т. д.) определяют по закону Гука. Под действием силы  $Q$  болт удлиняется на величину  $\Delta l = Ql/ES$ , где  $l$ ,  $E$  и  $S$  — соответственно

длина, модуль упругости материала и площадь поперечного сечения болта. Если закрепляемые детали соединены так, что в стержне болта не создано натяжение, то в процессе работы под действием силы  $Q$  возможно раскрытие стыка деталей на величину  $\Delta l$ . Чтобы избежать образования зазора в стыке, необходимо после закрепления деталей без зазора дополнительно повернуть болт или гайку еще на некоторый угол и тем самым создать предварительную затяжку соединения. Чтобы полностью избежать образования зазора в стыке деталей, необходимо предварительную затяжку болта довести до величины  $\Delta l$ , что будет соответствовать минимально необходимой затяжке.

Для затягивания гайки или болта с осевой силой  $W$  (рис. 14.10) необходимо приложить момент  $M_3 = Fl$ , где  $F$  — сила, приложенная к рукоятке ключа на плече длиной  $l$ . Так как высота профиля резьбы невелика по сравнению с ее диаметром, то, развертывая среднюю винтовую линию на плоскость, можно получить клин. Угол наклона рабочей поверхности заменяющего клина (т. е. угол подъема винтовой линии резьбы)  $\lambda = \arctg(P/\pi d_{cp})$ , где  $P$  и  $d_{cp}$  — шаг и средний диаметр резьбы.

Момент для затяжки резьбового соединения  $M_3 = M_p + M_T$ , где  $M_p$  — момент сопротивления вращению в резьбе;  $M_T$  — момент от сил трения на опорной поверхности. Момент  $M_p = W (d_{cp}/2) \operatorname{tg}(\lambda + \rho)$ . Здесь  $\rho$  — приведенный угол трения;  $\operatorname{tg} \rho = f/(\cos \alpha/2)$ , где  $\alpha$  — угол при вершине резьбы,  $f = 0,1 \div 0,15$  — коэффициент трения при плоском контакте двух сопрягаемых деталей.

Момент силы трения на опорной поверхности  $M_T = W (f/3) - [(D^3 - d^3)/(D^2 - d^2)]$ , где  $D$  и  $d$  — наружный и внутренний диаметры опорной поверхности.

Подставляя в формулу для определения  $M_3$  значения  $M_p$  и  $M_T$ , получим

$$M_3 = W \left[ \frac{d_{cp}}{2} \operatorname{tg}(\lambda + \rho) + \frac{f}{3} \left( \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} \right) \right]$$

откуда можно определить силу  $W$ , действующую по оси болта (силу зажима).

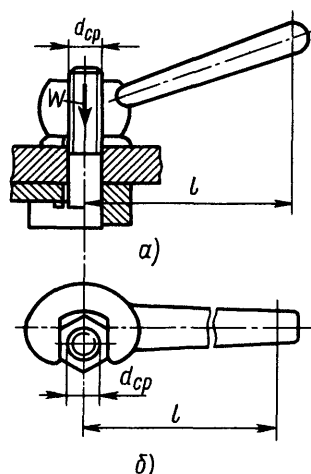


Рис. 14.10. Схема для расчета силы зажима:

*a* — передаваемой гайкой с рукояткой, *б* — передаваемой гайкой с ключом

В резьбовом соединении, смазанном машинным маслом, при моменте затяжки  $M_3 = 10 \div 25 \text{ Н} \cdot \text{м}$  создается осевая сила  $W = 5 \div 10 \text{ кН}$ . При повторной затяжке с тем же моментом осевая сила будет больше, так как уменьшаются силы трения благодаря приработке поверхностей резьбового соединения.

Шпоночные соединения (рис. 14.11) в основном применяют для соединения деталей по цилиндрической или конической поверхности, когда необходимо исключить их взаимное вращение при передаче крутящего момента. Промежуточным элементом, участвующим в передаче крутящего момента между соединенными деталями, является шпонка, которая бывает призматической и сегмент-

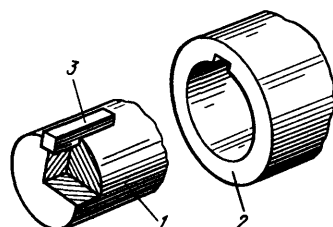


Рис. 14.11. Шпоночное соединение:

1 — вал, 2 — ступица, 3 — шпонка

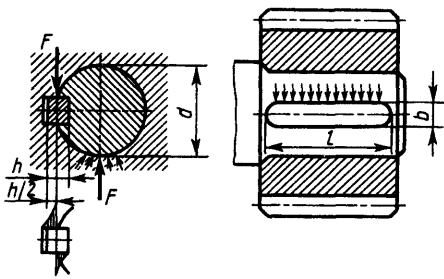


Рис. 14.12. Схема для расчета шпоночного соединения

ной. Шпонка с одной стороны заглубляется в вал, образуя неподвижное соединение, а с другой стороны входит в паз отверстия, образуя подвижное соединение. Благодаря этому шпонка не только соединяет сопрягаемые детали, но и позволяет перемещать одну деталь относительно другой.

Прочность шпоночного соединения на смятие (рис. 14.12) упрощенно определяют следующим образом. Находят крутящий момент  $M_{кр}$ , передаваемый шпонкой, и вычисляют силу  $F$ , действующую на шпонку, по формуле  $F = M_{кр}/0,5d$ , где  $d$  — диаметр вала. Затем определяют напряжение смятия на рабочей поверхности шпонки и сравнивают его с допусковым:

$$\sigma_c = \frac{F}{(l-b)0,5h} \leq [\sigma_c],$$
 где  $l$ ,  $b$  и  $h$  — соответственно длина, ширина и высота шпонки,  $[\sigma_c]$  — допусковое напряжение смятия для шпонки. Для неподвижных стальных и чугунных деталей  $[\sigma_c] = 80 \div 150$  МПа, а для подвижных (если перемещение вдоль шпонки происходит под нагрузкой)  $[\sigma_c] = 10 \div 30$  МПа.

Шлицевые соединения (рис. 14.13) применяют в тех случаях, когда

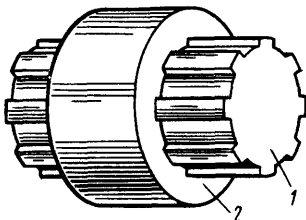


Рис. 14.13. Шлицевое соединение:

1 — вал, 2 — ступица

требуется передать большой по величине крутящий момент, который не может быть передан шпоночным соединением. Зубья шлицевого соединения бывают прямоугольного, треугольного или эвольвентного профиля. Напряжение смятия на рабочих поверхностях шлицев  $\sigma_c = 2M_{кр}/(d_{ср}zlh\psi)$ , где  $M_{кр}$  — передаваемый крутящий момент,  $d_{ср}$  — средний диаметр шлицевого соединения,  $z$  — число зубьев,  $h$  — рабочая высота зуба,  $l$  — длина поверхности контакта зубьев,  $\psi = 0,7 \div 0,8$  — коэффициент неравномерности распределения напряжения по отдельным зубьям.

Шлицевое соединение работоспособно, если  $\sigma_c \leq [\sigma_c]$ . Для неподвижных соединений при средних условиях работы  $[\sigma_c] = 80 - 120$  МПа. Детали шлицевого соединения центрируют по наружному диаметру, внутреннему диаметру, боковым сторонам зубьев. Наиболее распространено центрирование по наружному диаметру.

#### 14.4. Муфты, механизмы обгона. Реверсивные и кулачковые механизмы

**Муфты.** Они служат для постоянного или периодического соединения валов между собой (с зубчатыми колесами и шкивами), чтобы передать вращение без изменения направления и частоты вращения.

Втулочная муфта (рис. 14.14, а) предназначена для передачи вращения с вала I на вал II с помощью втулки I и шпонок 2. Втулочно-пальцевая муфта (рис. 14.14, б), состоящая из полу муфт 3 и 4, с помощью резиновых колец 5, установленных на пальцах 6, амортизирует ударную нагрузку, передаваемую с вала I на вал II. Если оси ведущего и ведомого валов расположены со смещением от оси вращения, то применяют муфту (рис. 14.14, в), каждая половина которой жестко закреплена на конце вала. Полу муфты I и 3 сопряжены между собой диском 7, имеющим крестообразно расположенные выступы, которые входят в пазы полу муфт.

Для периодического соединения валов применяют зубчатую муфту (рис. 14.14, г). Левая полу муфта 3 при перемещении вправо наружными зубьями входит в за-

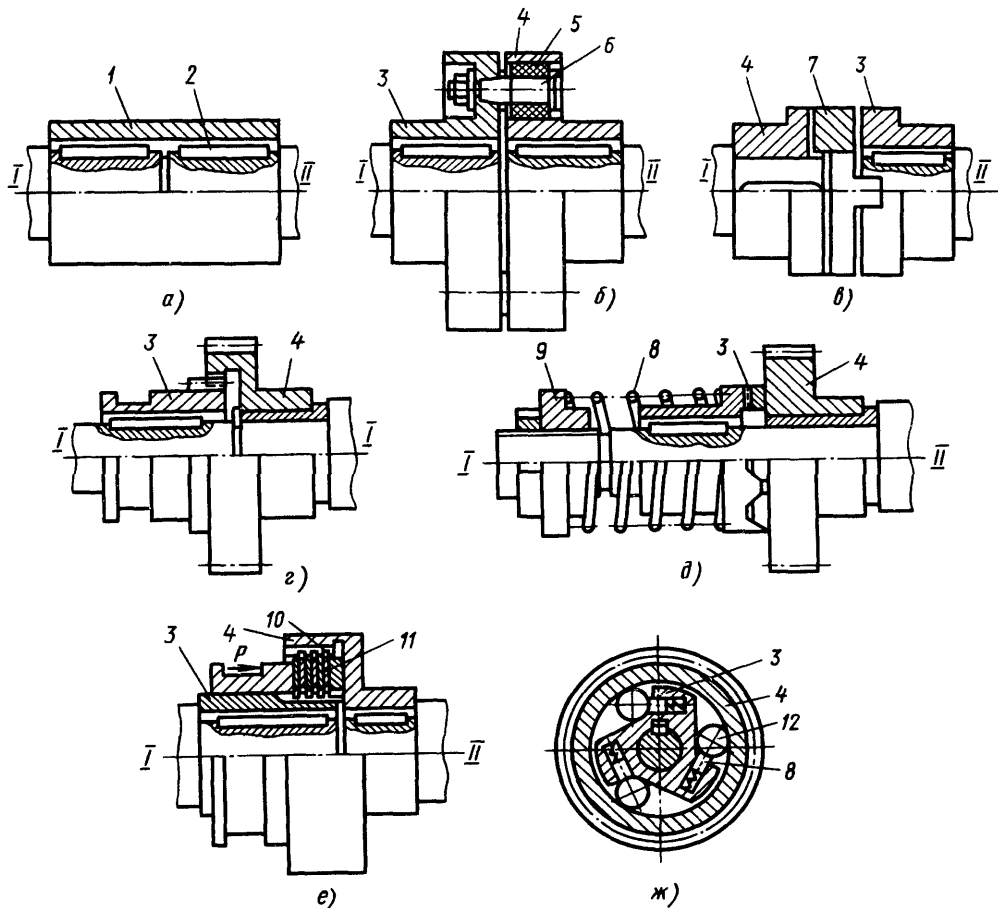


Рис. 14.14. Муфты (а—ж)

цепление с внутренними зубьями правой полумуфты 4.

В кулачковой муфте (рис. 14.14, д) вращение передается через кулачки полумуфт 3 и 4, которые сопрягаются силой пружины 8, регулируемой гайкой 9 с шайбой. При перегрузках скошенные поверхности кулачков позволяют раздвигать полумуфты и нарушать синхронность вращения валов.

В фрикционной муфте (рис. 14.14, е) передачу вращения выполняют фрикционные диски. Диски 10 с внутренними выступами соединены с полумуфтой 3, а диски 11 с наружными выступами — с полумуфтой 4. Величина передаваемой нагрузки с вала I на вал II определяется силой  $P$  сжатия дисков.

Многодисковая электромагнитная муфта (рис. 14.15) со-

стоит из корпуса 1, который вращается вместе с валом 13, катушки 2, дисков 11, вращающихся с корпусом 1, и дисков 6, размещенных между дисками 11 и вращающихся вместе с зубчатым колесом 7, якорей 9 и 10 и стопорного кольца 8. Питание муфты осуществляется через щетку 5 и токосъемники 3 и 4.

При выключенной муфте зубчатое колесо 7 свободно вращается на втулке 12 вала 13 на подшипниках. При включенной муфте якоря 9 и 10 прижимают диски 6 и 11 к корпусу 1. Форма дисков и их малая толщина обеспечивают большое магнитное сопротивление в радиальном направлении. Таким образом обеспечивается передача вращения от вала 13 через втулку 12 зубчатому колесу 7. Однодисковые муфты работают по такому же принципу.

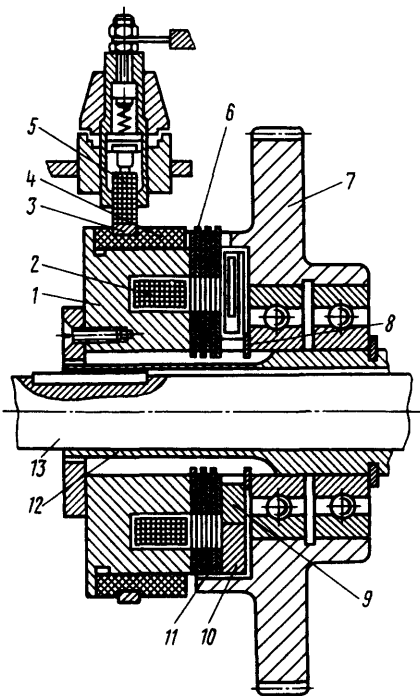


Рис. 14.15. Электромагнитная муфта

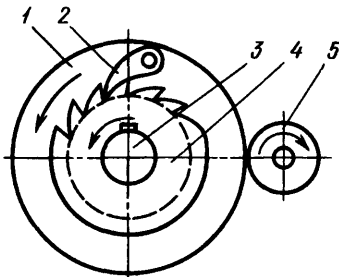


Рис. 14.16. Храповой механизм

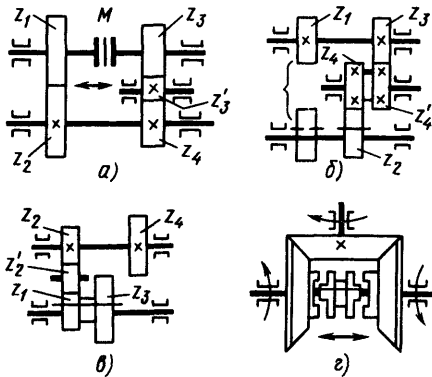


Рис. 14.17. Кинематические схемы (а—д) реверсивных механизмов

**Механизмы обгона.** Их применяют в тех случаях, когда валу, имеющему медленное вращение, требуется периодически сообщать быстрое вращение. Обгонная муфта (см. рис. 14.14, ж) соединяется полумуфтой 3 с одним валом и полумуфтой 4 — с другим. Между полумуфтами располагаются ролики 12, которые заклиниваются между полумуфтами усилием пружины 8 при вращении полумуфты 3 по часовой стрелке. При вращении полумуфты 4 в том же направлении, но с большей частотой, ролики 12 увлекаются движением полумуфты 4 в более широкую часть выемки, при этом полумуфта 4 свободно вращается относительно полумуфты 3.

В храповом механизме (рис. 14.16) вращение от колеса 5 на вал 3 передается через диск 1, который свободно вращается на валу 3, защелку 2 и храповое колесо 4, закрепленное на валу 3. Вместе с тем вал 3 может вращаться с большей частотой, чем частота вращения диска 1.

### Реверсивные и кулачковые механизмы.

Реверсивные механизмы служат для изменения направления движения механизмов станка. Чаще всего реверсирование осуществляется с помощью цилиндрических или конических зубчатых колес. В механизме с цилиндрическими зубчатыми колесами (рис. 14.17, а) муфта М может соединить с верхним валом зубчатое колесо  $z_1$ . При этом вращение будет передаваться с верхнего вала через муфту М и зубчатую передачу  $z_1$  и  $z_2$  на нижний вал. Если муфта М соединяет с верхним валом зубчатую передачу  $z_3$ ,  $z'_3$  и  $z_4$ , нижний вал вращается в противоположном направлении.

Реверсивный механизм, изображенный на рис. 14.17, б, изменяет направление вращения нижнего вала при перемещении скользящего колеса  $z_2$ , которое входит в зацепление с колесом  $z_1$  или колесом  $z_4$ .

На рис. 14.17, в показана кинематическая схема реверсивного механизма, у которого изменение направления вращения нижнего вала может быть осуществлено зацеплением скользящего блока зубчатых колес  $z_1$  и  $z_3$  либо с зубчатыми колесами  $z_4$ , либо с паразитным зубчатым колесом  $z'_2$ . На рис. 14.17, г показана схема ре-

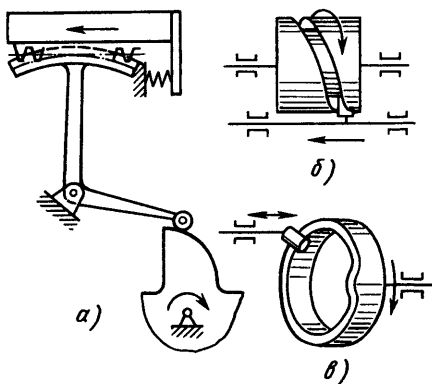


Рис. 14.18. Кулачковые механизмы

версивного механизма, составленного из конических зубчатых колес и кулачковой муфты. Направление вращения горизон-

тального вала изменяется переключением кулачковой муфты.

Кулачковые механизмы служат для преобразования вращательного движения кулачка в поступательное движение механизмов станка. Кулачковые механизмы бывают с плоским (рис. 14.18, а), цилиндрическим (рис. 14.18, б) или торцовым (рис. 14.18, в) кулачками.

### Контрольные вопросы

1. Чем вызвано появление машин?
2. Назовите основные виды и назначение механических передач.
3. Какие вы знаете соединения?
4. Какие муфты и механизмы применяют в машинах?

## 15. Электрооборудование токарных станков

### 15.1. Асинхронный электродвигатель

Электропривод металлорежущих станков преобразует электрическую энергию в механическую. Различают привод главного движения, привод подачи, привод быстрых перемещений и т. д. В электроприводе применяют двигатели переменного и постоянного тока, чаще асинхронные двигатели переменного трехфазного тока с короткозамкнутым ротором, который соединяется непосредственно или через ременную передачу с коробкой передач. Асинхронные двигатели могут быть с одной или двумя скоростями вращения (например, 3000/1500, 1500/750). Для ступенчатого регулирования скорости вращения органов станка применяют асинхронные двигатели с независимым возбуждением и двигатели постоянного тока, которые позволяют изменять частоту вращения в диапазоне 10:1.

В состав электропривода кроме электродвигателя и исполнительных органов станка, с которыми соединен электродвигатель, входят аппаратура управления двигателем, системы электроизмеритель-

ных приборов, электрические цепи, аппаратура защиты и др.

Асинхронный двигатель (рис. 15.1) имеет алюминиевую или литую чугунную станину 10. Обмотка статора 9 уложена в пазы сердечника 12 статора. Концы фаз обмотки через отверстие в станине выведены в коробку, которая состоит из корпуса 21, переходного патрубка 22 и крышки 20. Сердечник ротора 13, стянутый стержнями обмотки и короткозамыкающими кольцами 7, жестко посажен на вал 2 двигателя. В короткозамыкающих кольцах выполнены пазы, в которых крепятся грузы 18, предназначенные для балансировки ротора. Вал 2 ротора со шпонкой 3 вращается в двух подшипниках 5 и 19. Кольцевые волнистые пружины 4 осуществляют выборку зазоров, создают предварительный натяг подшипников и компенсируют тепловое удлинение вала ротора, а также уменьшают шум и вибрации двигателя при работе. Для крепления болтами 8 к станине шиты 1 и 16 имеют приливы 25.

Для охлаждения двигателя на вал 2 насажен вентилятор 17, закрытый

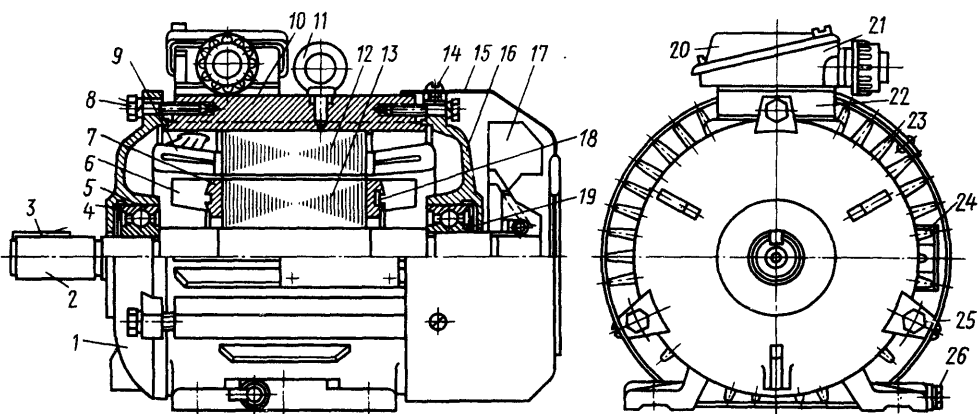


Рис. 15.1. Асинхронный закрытый двигатель с короткозамкнутым ротором

кожухом 15, который крепится к станине винтами 14. Для направления потока воздуха и увеличения поверхности теплоотдачи на наружной поверхности статора имеются ребра 23. Для охлаждения внутри двигателя предназначены лопажки 6. Сбоку к станине крепится паспортная таблица 24, на которой указывается тип двигателя, его заводской номер, завод-изготовитель, мощность двигателя, частота его вращения, нормальное напряжение и другие данные. Для транспортирования двигателя предусмотрен рым-болт 11, а для заземления — болт 26.

Асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором является наиболее компактным, надежным и экономичным в эксплуатации, сохраняющим примерно постоянную частоту вращения при изменениях нагрузки от минимальной (при холостом ходе) до номинальной. При питании обмотки статора трехфазным током в двигателе создается вращающееся магнитное поле, которое пересекает замкнутые обмотки ротора и наводит в них ток. Ток роторной обмотки взаимодействует с магнитным полем двигателя и в результате создается вращающий момент, который приводит во вращение ротор двигателя в ту же сторону, в какую вращается магнитное поле.

Если частоты вращения ротора и магнитного поля равны, то магнитное поле не пересекает обмотку ротора и в ней не возникает ток; вращающий момент при этом отсутствует. Поэтому частота вращения ротора всегда меньше частоты вращения магнитного поля.

Так как магнитное поле двигателя при изменении нагрузки в довольно широких пределах остается постоянным, то увеличение вращающего момента должно происходить целиком в результате увеличения тока в обмотке ротора. Чтобы скорость пересечения магнитных линий увеличилась, ротор при увеличении нагрузки должен вращаться медленнее. Частота вращения и ток ротора изменяются автоматически.

Частоту вращения (об/мин) вращающегося магнитного поля называют синхронной частотой вращения и определяют по формуле  $n_0 = f60/p$ , где  $f$  — частота питающего тока,  $p$  — число пар полюсов. Отношение разности частоты  $n_0$  вращения магнитного поля и частоты  $n_n$  вращения ротора к частоте вращения поля  $n_0$  называют скольжением и вычисляют по формуле  $S = [(n_0 - n_n)/n_0] \cdot 100\%$ .

Двигатели с частотой вращения ротора ( $n_n$ ), отличающейся от синхронной частоты вращения магнитного поля ( $n_0$ ), называют асинхронными. Частота вращения ротора (об/мин) асинхронных электродвигателей определяется зависимостью  $n_n = (60f/p)(1 - S)$ . Следовательно, частота вращения асинхронного двигателя может изменяться при изменении частоты питающего тока, скольжения и числа пар полюсов. В станкостроении распространено регулирование частоты вращения асинхронного двигателя изменением числа пар полюсов. Такое регулирование бывает двух- и трехступенчатым.

Момент  $M$  (Н·м) на валу двигателя, угловая скорость  $\omega$  (1/с) вращения его

вала, частота  $n_n$  (об/мин) вращения вала двигателя и механическая мощность  $P$  (Вт), развиваемая двигателем, связаны следующей зависимостью:  $M = P/\omega$ , где  $\omega = \pi n_n/30$ .

Механическая характеристика трехфазного асинхронного короткозамкнутого двигателя показана на рис. 15.2 (кривая 1). При пуске двигателя  $n_n = 0$ , скольжение  $S = 1$ . Если у электродвигателя полностью отсутствует какое-либо сопротивление его вращению, то  $n_o = n_n$ ,  $M = 0$ ,  $S = 0$ . Такое вращение называют идеальным холостым ходом. Таким образом, при нарастании скорости вращения от  $n_n = 0$  до  $n_n = n_o$  скольжение изменяется от 1 до 0. Часть характеристики, заключенная в пределах от  $S = 0$  до  $S = 1$ , соответствует режиму работы двигателя.

В реальных условиях при холостом ходе имеется сопротивление вращению ротора (вызванное трением в подшипниках, сопротивлением воздуха вращению вентилятора и др.), в результате чего  $n_n < n_o$  и появляется скольжение. Критический момент  $M_k$  определяет перегрузочную способность электродвигателя, которой соответствует критическое скольжение  $S_k$ .

Часть характеристики, заключенная в пределах от  $S = 0$  до  $S = S_k$ , является рабочей частью механической характеристики. В этой области, где момент двигателя мало зависит от частоты его вращения, работают все асинхронные двигатели привода станков.

В той части характеристики, где  $S_k < S < 1$ , электроприводы станков не работают; этот участок они проходят только в процессе пуска.

Наибольшая мощность  $P_o$ , с которой может работать двигатель в нормальном для него режиме, а также момент  $M_n$ , частота  $n_n$  вращения двигателя и скольжение  $S_n$ , которые соответствуют допустимому току  $I_n$ , называют номинальными. У отечественных электродвигателей отношение критического момента к номинальному  $\lambda_k = M_k/M_n = 1,65 \div 2,5$ .

В первый момент пуска двигателя, когда ротор еще неподвижен ( $S = 1$ ), электродвигатель развивает начальный пусковой момент  $M_n$ . Отношение  $\lambda_n = M_n/M_n = 1 \div 2$ .

В справочниках обычно приводятся следующие технические данные асинхрон-

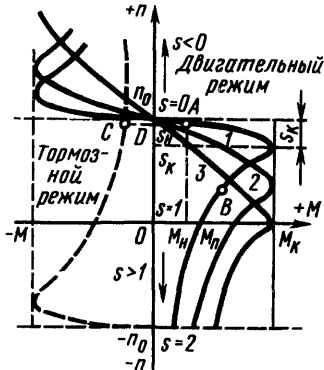


Рис. 15.2. Механические характеристики асинхронного двигателя

ных двигателей: номинальная мощность на валу  $P_n$  (кВт); номинальная частота вращения  $n_n$  (об/мин); синхронная частота вращения  $n_o$  (об/мин) и отношения  $\lambda_k$  и  $\lambda_n$ .

У электродвигателя с фазовым ротором активное сопротивление цепи ротора можно изменять, вводят в эту цепь реостат; при этом критическое скольжение  $S_k$  будет изменяться пропорционально активному сопротивлению цепи ротора. Рабочая часть механической характеристики получает при этом больший наклон. Критический момент  $M_k$  не зависит от активного сопротивления в цепи ротора и остается постоянным.

Механические характеристики, соответствующие работе электродвигателя при отсутствии каких-либо дополнительных сопротивлений в схеме, называют естественными (см. рис. 15.2, кривая 1), а механические характеристики, соответствующие работе электродвигателя при наличии дополнительных сопротивлений в схеме, называют искусственными (см. рис. 15.2, кривые 2 и 3).

Если работающий асинхронный двигатель переключить на вращение в обратную сторону, т. е. в сторону, противоположную вращению магнитного поля, то возникает торможение вала электродвигателя при  $S > 1$ ; эта характеристика изображена штриховой линией. Тормозной момент определяет отрезок CD; торможение может происходить в интервале от  $S = 2$  до  $S = 1$ . Часть характеристики кривой 1, соответствующая  $S < 0$ , определяет



работу асинхронного двигателя в режиме генератора. Этот режим является также тормозным.

### 15.2. Двигатели постоянного тока

Двигатель постоянного тока (рис. 15.3) имеет станину 12, изготовленную из низкоуглеродистой стали, которая выполняет роль магнитопровода. Сердеч-

ники главных полюсов статора 15 набраны из листов электротехнической стали. На каждом сердечнике расположено по две катушки: 16 и 22. Сердечники 11 дополнительных полюсов статора выполнены цельными и на них размещены катушки 10.

Ротор в двигателе постоянного тока называется якорем. Сердечник 14 якоря собран на валу 7 и стянут шайбами 8,

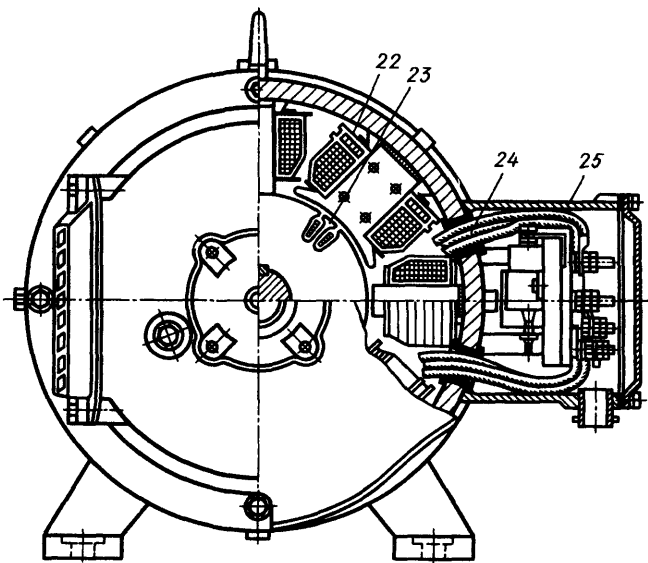
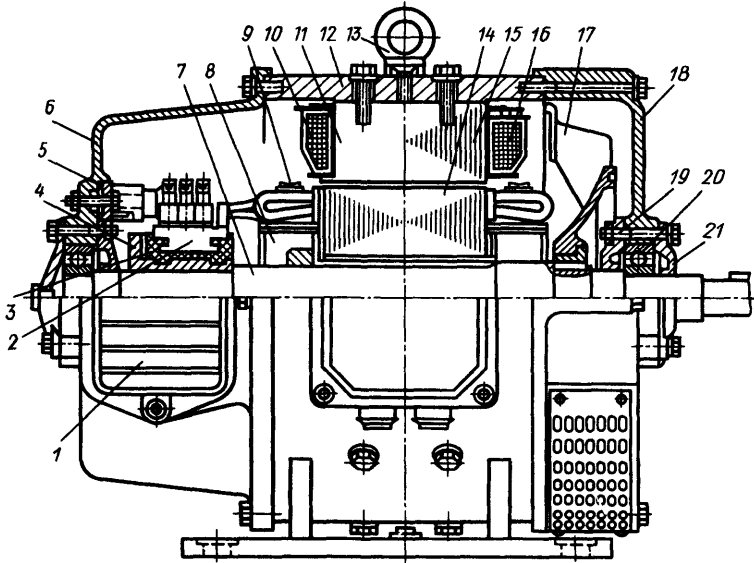


Рис. 15.3. Двигатель постоянного тока

напрессованными на вал. Обмотка якоря уложена в пазы 23 и крепится клиньями из текстолита. Лобовые части обмотки закреплены бандажами 9 и отдельной луженой проволокой. Концы обмотки подсоединены к коллекторным пластинам 2, которые опрессованы на металлической втулке 4 пластмассой 3. Вал 7 якоря вращается в подшипниках 20, установленных в щитах 6 и 18 и закрытых крышками 19 и 21. На переднем подшипниковом щите 6 установлена траверса 5 для щеткодержателей. Число щеточных пальцев равно числу полюсов. Выводные концы 24 от якорных обмоток и обмоток возбуждения главных полюсов пропущены через отверстия в станине в коробку 25 выводов.

Вентиляция двигателя обеспечивается вентилятором 17, который расположен на валу 7. Воздух засасывается через жалюзи в крышках 1, люков щита 6, проходит через двигатель и выбрасывается наружу через отверстия, расположенные снизу в щите 18. Для транспортирования двигателя служит рым-болт 13.

Двигатели постоянного тока применяют для бесступенчатого изменения частоты вращения шпинделя станка или ходового винта привода подач. Наиболее часто используют двигатели с параллельным (независимым) возбуждением.

Частота вращения двигателя постоянного тока определяется по формуле  $n = \frac{(U - I_a) r_a}{C_e \Phi}$ , откуда видно, что изменять  $n$  можно, изменяя сопротивление  $r_a$  цепи якоря, магнитный поток  $\Phi$  или подводимое к двигателю напряжение  $U$  ( $C_e$  — коэффициент, учитывающий конструктивные особенности двигателя,  $I_a$  — ток якоря).

Широко применяют регулирование частоты вращения двигателя магнитным потоком. Двигатели включают пусковым реостатом. При повышении частоты вращения двигателя этим способом предельно допустимая мощность двигателя сохраняется постоянной во всем диапазоне частот вращения. Предельно допустимый момент изменяется обратно пропорционально частоте вращения. Двигатели постоянного тока запускаются автоматически, так как ручное управление реостатом не обеспе-

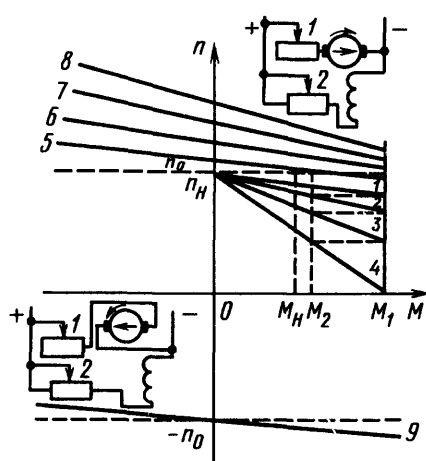


Рис. 15.4. Механические характеристики двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением

чивает заданных условий работы пускателей с параллельным возбуждением; регулировать частоту вращения можно бесступенчато в диапазоне 4:1 и более.

Если якорь работающего двигателя отключить от сети и замкнуть на реостат, сохранив возбуждение, электродвигатель переходит в режим работы генератора. При этом ток в якоре меняет направление и момент торможения называется динамическим. В станкостроении, как правило, не применяют динамическое торможение (противоключением), а используют торможение с постоянным сопротивлением.

Механическая характеристика двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением приведена на рис. 15.4. Запуск двигателя осуществляется пусковым реостатом 1, который имеет несколько секций и позволяет изменять сопротивление ступенчато. При полном сопротивлении реостата двигатель работает с механической характеристикой 4. При этом двигатель развивает заданный момент  $M_1 \approx M_H$ . При разгоне двигателя, когда момент уменьшается до заданного значения ( $M_2 \approx 1,1 M_H$ ), сопротивление реостата уменьшается на одну секцию и двигатель при той же скорости переходит на разгон с характеристикой 3.

Вследствие уменьшения сопротивления сила тока якоря, а следовательно,

и момент возрастают. Секции реостата постепенно отключают, пока двигатель не перейдет на работу с естественной механической характеристикой 1, для которой  $M=0$  при  $n=n_0$  и  $M=M_n$  при  $n=n_n$ .

Номинальную силу тока якоря можно определить как разность номинальных значений силы тока двигателя и силы тока возбуждения. Однако сила тока возбуждения параллельного возбуждения мала и в расчетах ею часто пренебрегают. При ослаблении магнитного потока с помощью реостата 2 двигатель начинает работать на характеристиках 5, 6, 7 и 8. По мере уменьшения магнитного потока возрастают скорость холостого хода и наклон характеристик. Механическая характеристика 9 соответствует измененной полярности якоря двигателя. При этом изменяется направление действия момента электродвигателя под нагрузкой.

### 15.3. Аппаратура управления и защиты электропривода

Электрическими аппаратами называют электротехнические устройства, предназначенные для включения и отключения, управления, регулирования и защиты электрооборудования и участков электрических цепей.

Электротехнические устройства производят соединение или разрыв электрической цепи посредством электрических контактных соединений. Место соприкосновения элементов электрических соединений

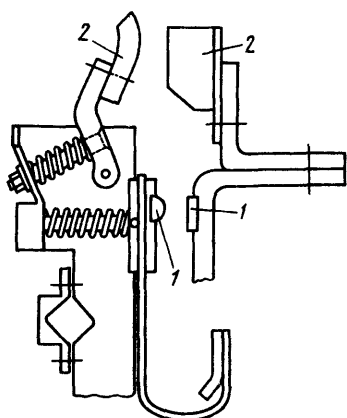


Рис. 15.5. Контактное соединение с главными и дугогасительными контактами

называют электрическими контактами. Детали, посредством которых образуется электрический контакт, называют контактами.

Контактное соединение с главными и дугогасительными контактами показано на рис. 15.5. При отключении сначала размыкаются главные контакты 1—1, однако разрыва цепи в этот момент не происходит, так как ток продолжает протекать по дугогасительным контактам 2—2. Затем размыкаются дугогасительные контакты, которые разрывают электрическую цепь. Включение контактов происходит в обратном порядке: сначала включаются дугогасительные контакты, а затем — главные.

Рубильники с дистанционным рычажным приводом используют в распределительных щитах. На рис. 15.6 приведена схема трехполюсного рубильника — предохранителя с боковым рычажным приводом, предназначенного для включения или отключения электрических цепей под нагрузкой, а также автоматического отключения при недопустимых перегрузках и коротких замыканиях. Рубильник состоит из основания 1 с пластмассовой траверсой 2, на которой закреплены в зависимости от количества полюсов два или три предохранителя 3.

Для одновременного включения или выключения нескольких электрических цепей применяют пакетные выключатели и переключатели, которые состоят из двух основных частей: контактной системы и переключающего механизма (рис. 15.7, а, б). Контактная система набирается из отдельных пакетов, каждый из которых состоит из изолятора 2 и расположенных в его пазах неподвижных контактов 5. Неподвижные контакты 5 имеют выводы, к которым с помощью винтов подсоединяются подводящие провода. В средней части изолятора расположены пружинящие подвижные контакты 7 с фибровыми искрогасительными шайбами 6. Пакеты выключателей собирают на шпильках в скобе 1, после установки крышки 3 их стягивают гайками. Механизм переключения состоит из рукоятки 4 с валом, который соединен с устройством фиксированных положений выключателя в крышке 3 и механизмом мгновенно-

го изменения положения контактов 7. Скорость переключения подвижных контактов не зависит от скорости вращения рукоятки 4.

Для автоматического включения, выключения или переключения электрических цепей в зависимости от промежуточного или конечного положений подвижных рабочих органов станка применяют пугевые и конечные выключатели. Выключатель (рис. 15.8) имеет корпус 7 с крышкой 8, в котором на стойке 1 из диэлектрика укреплены неподвижные 2 и подвижные мостиковые 4 контакты. При воздействии подвижного органа станка на штифт 6 вместе с ним перемещается стержень 3 с контактами 4. В результате размыкается верхняя пара контактов и замыкается нижняя пара, происходит переключение контактов. Возврат контактов в исходное положение производится пружиной 5.

Для дистанционного управления работой станка применяют кнопки управления, которые могут иметь одну или несколько пар контактов (рис. 15.9). При нажатии на головку 1 перемещается стержень 5, на котором расположен подвижный контакт 3, при этом размыкается верхняя пара контактов 2 и замыкается нижняя пара контактов 4.

Для автоматического размыкания электрических цепей при нарушении нор-

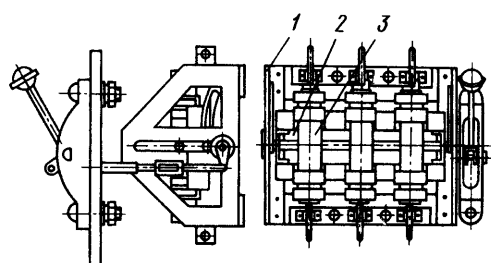


Рис. 15.6. Рубильник-предохранитель

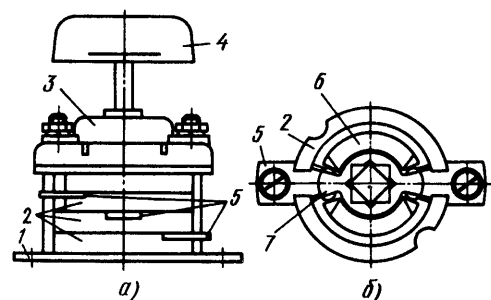


Рис. 15.7. Пакетный выключатель:  
а — общий вид, б — секция (пакет)

мального режима их работы (короткое замыкание, перегрузка по току, падение или отключение напряжения) применяют автоматы.

Конструкция автомата, приведенного на рис. 15.10, а—в, позволяет практически мгновенно разрывать электрическую цепь

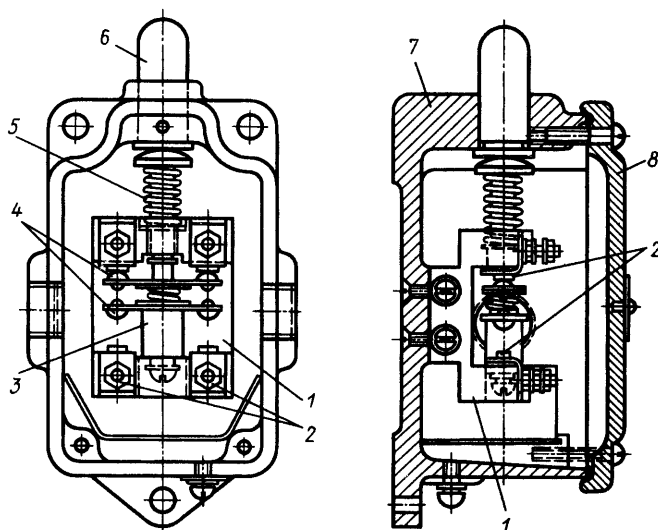


Рис. 15.8. Конечный выключатель

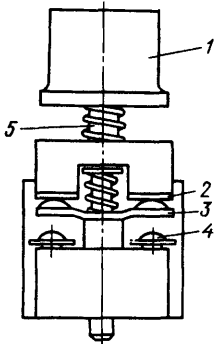


Рис. 15.9. Кнопочный элемент

при токах, превышающих значения, на которые отрегулирован автомат. Автомат имеет пластмассовый корпус, состоящий из основания 1, на котором смонтирован механизм автомата с дугогасительными элементами 2 и 3 и крышку 4, которая

крепится к основанию винтами. Контактная система автомата состоит из неподвижных 19 и подвижных 18 контактов, расположенных на контактном рычаге 17. Рычаг поворачивается на оси 16 и соединен ломающимися контактами 7 с рукояткой 6.

Для включения автомата после автоматического его отключения рукоятку 6 необходимо перевести в нижнее положение, при котором входят в зацепление рычаги 8 и 9 механизма свободного расцепления, после чего перевести ее вверх. При этом пружины 5 перемещают шарнир, соединяющий ломающиеся рычаги 7, из положения, показанного на рис. 15.10, б, через мертвую точку в положение, показанное на рис. 15.10, а, при котором происходит поворот контактного рычага 17 вокруг неподвижной оси 16; при этом контакты 18 и 19 замыкаются. Подвижные контакты всех полюсов автомата располо-

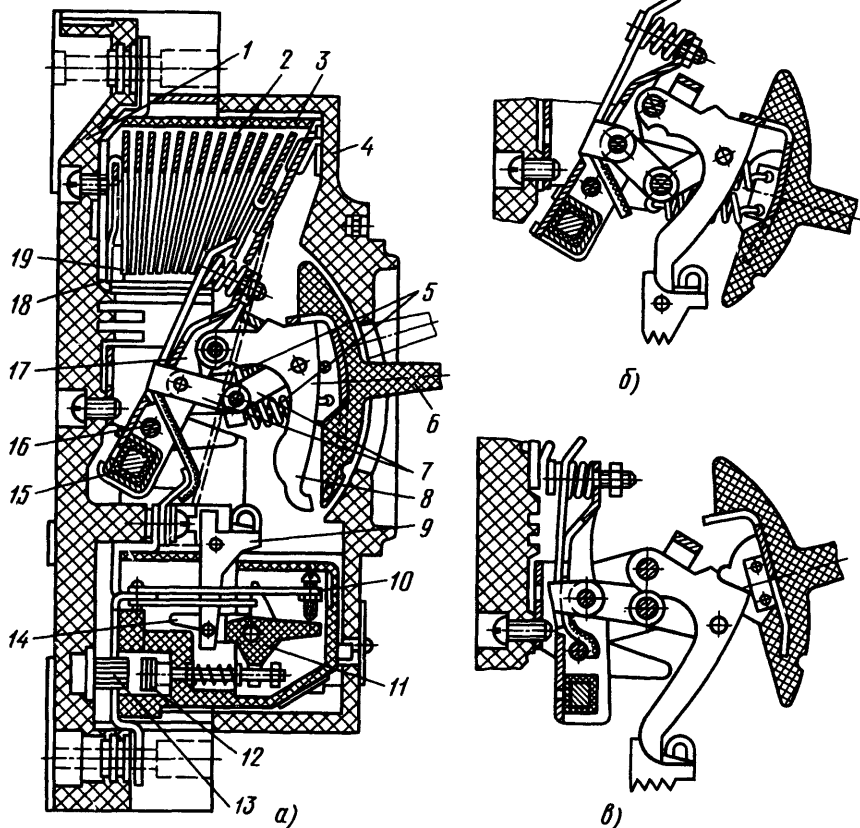


Рис. 15.10. Автомат:

а — отключен, б — взведен или отключен вручную, в — включен

жены на одном изолированном валу 15, в связи с чем включение контактов разных фаз происходит одновременно.

Для ручного отключения автомата рукоятку 6 необходимо перевести в нижнее положение. При этом под действием пружин 5 шарнир ломающихся рычагов 7 пройдет через мертвое положение, а контакты 18 и 19 разомкнутся (см. рис. 15.8, б) со скоростью, не зависящей от скорости перевода рукоятки оператором.

Автоматическое отключение автомата происходит под действием механизма, который освобождает рычаг 8. При этом под действием пружин 5 ломающиеся рычаги 7 изменят взаимное расположение и контакты разомкнутся. Рычаг 9 приводится в действие рейкой 11, поворот которой может происходить перемещением якоря 12 к магнитопроводу 13 или под тепловым воздействием на биметаллическую пластину 10 тока перегрузки, вызывающего деформацию ее свободного конца с регулировочным винтом. При этом винт поворачивает рейку 11, связанную с рычагом 9, другим концом 14. По положению рукоятки управления 6 можно судить о коммутационном положении контактов; рукоятка 6 в верхнем положении — автомат включен, в нижнем — автомат выключен, в среднем — автоматически отключен.

Аппараты, предназначенные для дистанционного частого включения или отключения силовых цепей при нормальном режиме работы, называют контакторами.

Конструкция контактора показана на рис. 15.11. На основании 1 сердечник 8 установлен на амортизаторах из пружин 10 и закреплен чекой 9. Катушка 3 свободно надета на сердечник, который имеет короткозамкнутые витки 19. Якорь рамочной конструкции поворачивается на оси 7. Сердечник 4 установлен на оси 2 с резиновым амортизатором. Текстильная прокладка 18, расположенная между средним керном и телом якоря, исключает залипание якоря под влиянием остаточного магнетизма при отключении контактора.

Подвижные контакты 13 самоустанавливающиеся (рис. 15.11, б), что обеспечи-

вается опорными поверхностями колодки 16 и поводком 15 под действием пружины 14. Неподвижные контакты 12 вместе с выводами крепят к основанию 11 дугогасительной камеры 5. Размыкание контактов производится при обесточенной катушке пружинами 17. Блок-контакты 6 служат для управления электрическими цепями контактора.

Для защиты электрических цепей при нарушении нормального режима работы применяют тепловые реле.

Для защиты электрических цепей от перегрузки предназначены плавкие предохранители, которые включаются последовательно в электрическую цепь станка. При повышении тока в цепи сверх допустимого значения плавкий элемент предохранителя, последовательно включенный в цепь, расплавляется и разрывает защищаемый участок электрической цепи станка.

Магнитные пускатели предназначены для пуска, остановки и изменения направления вращения электродвигателя, состоят из контакторов, теплового реле, кнопок управления, плавких предохранителей.

При работе с реверсивным двигателем применяют два контактора. При отключении одного из них и включении другого происходит чередование фаз и асинхронный двигатель изменяет направление вращения. Схема магнитного пускателя для неререверсивного двигателя приведена на рис. 15.12. При нажатии на кнопку «Пуск» замыкаются ее контакты и напряжение подается на катушку контактора  $K1$ , что приводит к замыканию контактов  $K$  и контакта  $BK$ , который шунтирует кнопку «Пуск», поэтому контактор остается включенным и после того, как кнопка будет отпущена. Отключают контактор нажатием на кнопку «Стоп», которая включена последовательно в цепь питания катушки  $K1$ . При этом прекращается подача напряжения на катушку  $K1$  и контакты  $K$  размыкаются. Контактор отключается при падении напряжения до 40—60 % номинального и при внезапном прекращении подачи электроэнергии в электрическую сеть. При появлении напряжения контактор включается только после нажатия на кнопку «Пуск».

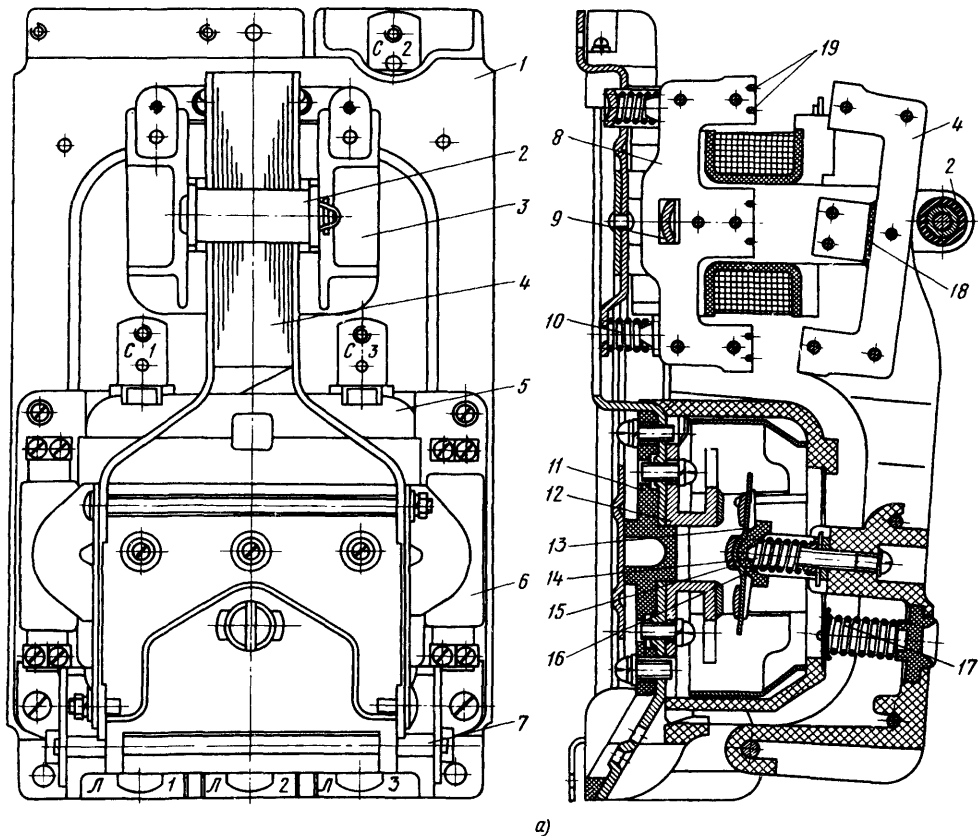


Рис. 15.11. Контактор:

а — устройство, б — самоустанавливающийся мостиковый контакт

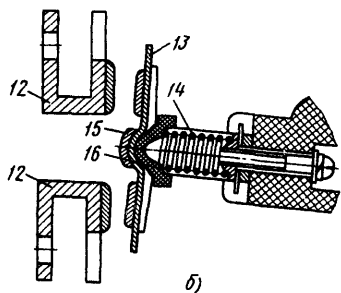
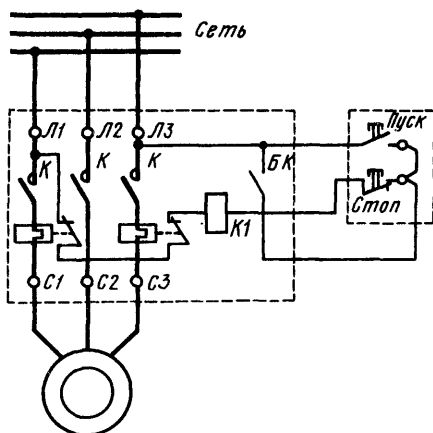


Рис. 15.12. Электрическая схема магнитного пускателя:

Л1, Л2, Л3 — входные контакты, С1, С2, С3 — выходные контакты



## 15.4. Электроизмерительные приборы

**Классификация.** Электроизмерительные приборы предназначены для оценки изменения нагрузки в электрической цепи при работе станка на холостом ходу и под нагрузкой.

По роду тока электроизмерительные приборы делят на приборы переменного или постоянного тока, на приборы постоянного и переменного тока; по принципу действия — на магнитоэлектрические, электромагнитные, электродинамические, тепловые, индукционные и вибрационные и др. По степени точности приборы делят на классы: 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,5; 1; 2,5; 4. Цифры обозначают процент допустимой погрешности, приборы классов 0,05; 0,1 и 0,5 используют в лабораториях и как контрольные, а остальные — как щитовые. На шкалах приборов указывается класс точности, род тока, система прибора, его наименование, положение, какое должен занимать прибор при работе, и напряжение, при котором испытана изоляция прибора.

Принцип действия приборов магнитоэлектрической системы основан на взаимодействии магнитного поля постоянного магнита с магнитным полем катушки, которое возникает при прохождении по обмотке катушки электрического тока. Схема такого прибора приведена на рис. 15.13. Между полюсными наконечниками 2 постоянного магнита 1 неподвижно закреплен стальной сердечник 3 цилиндрической формы, с помощью которого создается однородное радиально направленное магнитное поле. В воздушном зазоре между полюсными наконечниками и цилиндрическим сердечником свободно перемещается на оси катушка (рамка) 4, которая охватывает стальной сердечник. Катушка соединяется через противодействующие пружины 5 и 6 с источником измеряемого постоянного тока. На оси укреплена указательная стрелка 8 и противовесы 7. Для измерения переменного тока магнитоэлектрические приборы не годятся. Кроме того, эти приборы очень чувствительны к перегрузкам. Поэтому их применяют в основном как контрольные и лабораторные приборы.

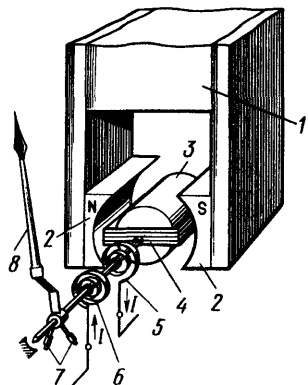


Рис. 15.13. Схема прибора магнитоэлектрической системы

Принцип действия приборов электромагнитной системы (рис. 15.14) основаны на взаимодействии магнитного поля, создаваемого измеряемым током в полюсной катушке, со стальным сердечником, помещенным в поле и являющимся подвижной частью прибора.

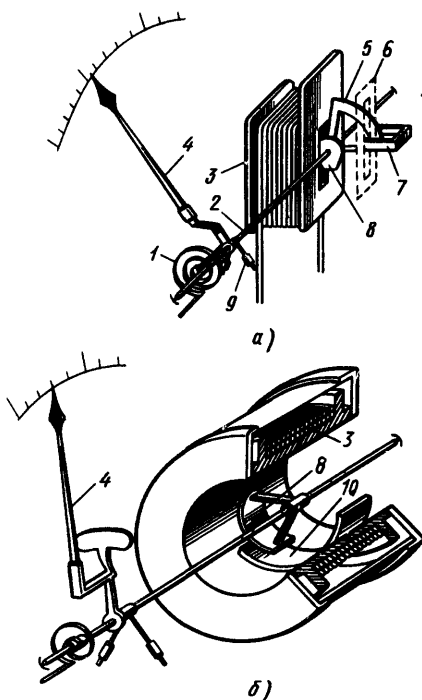


Рис. 15.14. Схемы приборов электромагнитной системы:

а — с прямоугольной катушкой и магнитным успокоителем, б — с круглой катушкой



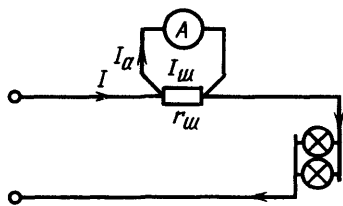


Рис. 15.15. Схема включения амперметра с шунтом

На рис. 15.14, а показан прибор с прямоугольной катушкой 3, в которой имеется узкая щель. При протекании тока в катушке создается магнитное поле, которое втягивает в щель сердечник 8, эксцентрично посаженный на оси 2. При этом поворачивается ось 2 вместе со стрелочным указателем 4 и противовесами 9. На оси закреплены также спиральная пружина 1 и алюминиевый сектор 5 магнитного успокоителя 6. Экран 7 защищает прибор от влияния внешних магнитных полей. Сила, втягивающая сердечник 8 в щель катушки 3, создает вращающий момент, пропорциональный квадрату тока, протекающего по катушке. Поэтому электромагнитные приборы имеют квадратичные, т. е. неравномерные, шкалы.

На рис. 15.14, б показан прибор с круглой катушкой 3, внутри которой закреплен неподвижный сердечник 10 из магнитной стали. Подвижный сердечник 8 закреплен на оси прибора. При протекании тока в катушке оба сердечника намагничиваются и отталкиваются друг от друга. При этом подвижный сердечник поворачивает на определенный угол ось прибора вместе с закрепленным на ней стрелочным указателем 4. Достоинствами приборов электромагнитной системы являются простота конструкции; отсутствие подвижных токоведущих частей, что позволяет измерять большие токи и обходиться без шунтов

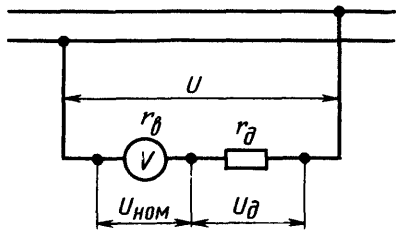


Рис. 15.16. Схема включения вольтметра с добавочным сопротивлением

и трансформаторов тока; возможность измерения постоянного и переменного токов. К недостаткам этих приборов относятся зависимость показаний от внешних магнитных полей, малая точность и неравномерная шкала.

**Схемы включения.** Приборы, применяемые для измерения тока, называются амперметрами. Для измерения постоянного тока можно пользоваться приборами всех систем, но предпочтительными являются приборы магнитоэлектрической системы как более точные и чувствительные. Для измерения переменного тока можно пользоваться приборами всех систем, кроме магнитоэлектрических.

Амперметр для измерения тока включается в электрическую цепь последовательно. Для расширения пределов измерения амперметров постоянного тока применяют шунты, которые позволяют пропускать через прибор только часть измеряемого тока. Шунт представляет собой резистор, который включается в электрическую цепь последовательно (рис. 15.15), а амперметр подключается параллельно шунту. Следовательно,  $I = I_a + I_m$ ;  $r_m = I_a r_a / (I - I_a)$ , где  $I$ ,  $I_a$  и  $I_m$  — ток в цепи, амперметре и шунте соответственно;  $r_a$  и  $r_m$  — сопротивление амперметра (и соединительных проводов) и шунта соответственно.

Приборы, применяемые для измерения напряжения, называют вольтметрами. Вольтметр подключается к тем точкам отрезка цепи, на котором необходимо определить напряжение. Вольтметры представляют собой миллиамперметры с большим добавочным резистором, шкала которых градуирована в вольтах. Для измерения напряжения постоянного тока можно применять приборы всех систем, но предпочтительными являются приборы магнитоэлектрической системы. Для измерения напряжения переменного тока можно применять приборы всех систем, кроме магнитоэлектрических.

Для измерения вольтметром напряжения  $U$ , которое в  $n$  раз больше его напряжения  $U_{ном}$  (рис. 15.16), необходимо включать добавочный резистор, чтобы ток, проходящий через вольтметр при измерении напряжения  $U$ , не превышал значения тока  $I_v$  при напряжении  $U_{ном}$ . Следо-

## 15.5. Электрическая схема токарного станка

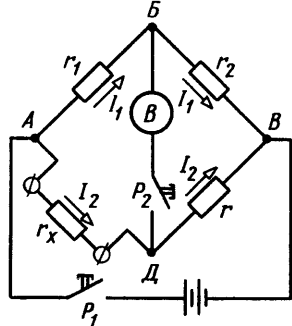


Рис. 15.17. Схема моста для измерения сопротивления

вательно,  $I_B = U_n / r_B = U / (r_B + r_d) = n U_{ном} / (r_B + r_d)$ , откуда  $r_d = r_B (n - 1)$ , где  $I_B$  — ток в вольтметре,  $r_B$  и  $r_d$  — сопротивление вольтметра и добавочного резистора соответственно.

Для измерения сопротивлений в электрической цепи используют электрические мосты, сопротивления которых известны, в сочетании с вольтметром (рис. 15.17). Мост состоит из резистора с сопротивлениями  $r_1$ ,  $r_2$  и  $r$ , которые вместе с измеряемым сопротивлением  $r_x$  образуют замкнутый контур АБВДА. В одну диагональ контура включается вольтметр В, а в другую — источник питания. Сопротивления  $r_1$ ,  $r_2$  и  $r$  можно подобрать так, что при замкнутых кнопках  $P_1$  и  $P_2$  ток через вольтметр не пойдет. В этом случае потенциалы точек В и Д одинаковы, напряжения  $U_{AB} = U_{AD}$  и  $U_{BV} = U_{DV}$ , т. е.  $I_1 r_1 = I_2 r_x$  и  $I_1 r_2 = I_2 r$ . Из отношения этих уравнений  $I_1 r_1 / I_1 r_2 = I_2 r_x / I_2 r$  получим  $r_x = r (r_1 / r_2)$ .

Для измерения сопротивления  $r_x$  устанавливают равные или кратные сопротивления  $r_1$  и  $r_2$ . Затем кнопкой  $P_1$  включают источник питания и подбирают сопротивление  $r$  так, чтобы стрелка прибора при нажатии кнопки  $P_2$  установилась на нуле шкалы. После этого по формуле  $r_x$  подсчитывают искомое сопротивление. Если в схеме измерительного моста сопротивления  $r_1$ ,  $r_2$  и  $r$  резисторов и напряжения источника питания  $U$  неизменны, то ток в цепи измерительного прибора зависит только от сопротивления  $r_x$ . Это дает возможность прибора определять по шкале значения искомого сопротивления.

Рассмотренные выше элементы составляют электрооборудование станка, а взаимодействие их определяется принципиальной электрической схемой.

На рис. 15.18 представлена принципиальная электрическая схема токарного станка 16К20, по которой производится управление четырьмя электродвигателями: главного привода  $M1$ , быстрых перемещений  $M2$ , электронасоса  $M3$  и гидростанции  $M4$  (при наличии гидросуппорта).

Пуск электродвигателей  $M1$  и  $M4$  осуществляется нажатием кнопки  $S4$ , которая замыкает цепь катушки контактора  $K1$ , переводя его на самопитание. Останов электродвигателя главного привода  $M1$  осуществляется нажатием кнопки  $S3$ . Управление электродвигателем  $M2$  осуществляется нажатием толковой кнопки, встроенной в рукоятку фартука и воздействующей на конечный выключатель  $S8$ . Пуск и останов электродвигателя  $M3$  производится переключателем  $S7$ . Электродвигатели  $M3$  и  $M1$  заблокированы и включение  $M1$  возможно только после замыкания контактов пускателя  $K1$ . Для ограничения холостого хода электродвигателя  $M1$  в схеме имеется реле времени  $K3$ . В средних (нейтральных) положениях рукоятки включения фрикционной муфты главного привода замыкается нормально закрытый контакт конечного выключателя  $S6$  и включается реле времени  $K3$ , которое через установленное время отключает электродвигатель  $M1$ .

В электросхеме предусмотрены блокировочные устройства. При включенном в сеть станке открытие дверей электрошкафа станка приводит к срабатыванию путевого выключателя  $S1$ , который возбуждает катушку дистанционного расцепителя  $F1$ , в результате чего автоматический выключатель отключает электрооборудование станка от сети. При этом индикатор напряжения  $H3$  гаснет. При открытии кожуха сменных колес срабатывает микропереключатель  $S5$ , который отключает электродвигатель  $M1$ .

При проведении пусконаладочных работ переключатель  $S2$  устанавливается в положение 1, а при их окончании —

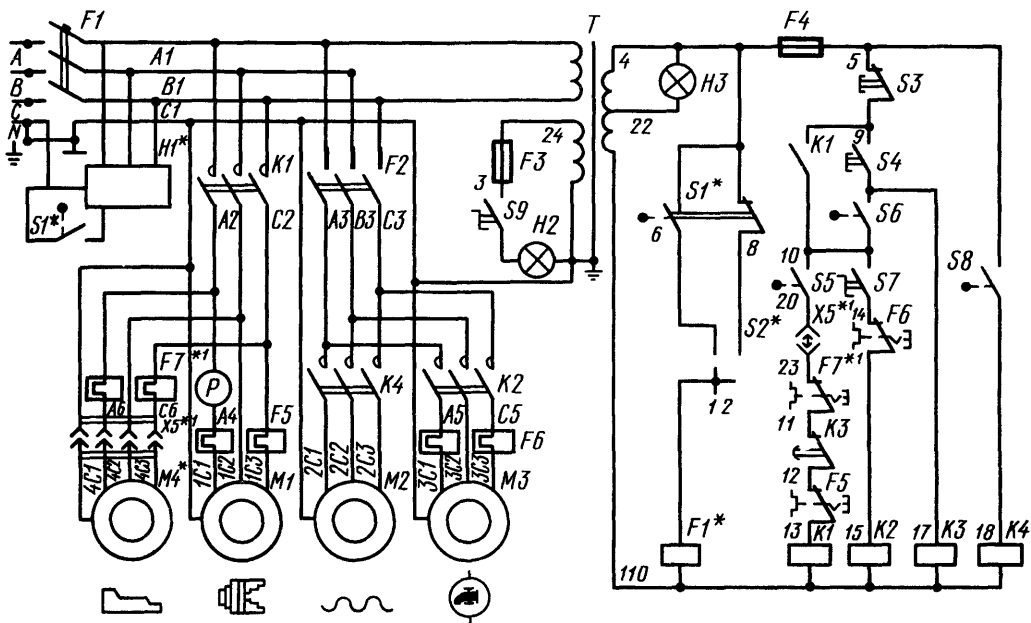


Рис. 15.18. Принципиальная электрическая схема токарного станка 16K20

в положение 2, иначе при закрывании двери электрошкафа отключится вводный автоматический выключатель.

В электросхеме предусмотрено подключение лампы  $H2$  для освещения рабочей зоны станка, которая включается выключателем  $S9$ . От перегрузок двигатели защищены тепловыми реле  $F5$ ,  $F6$ ,  $F7$ . Электроаппаратуру управления станком помещают в электрошкаф. Соединительные провода между шкафом управления и электроаппаратами, расположенными в станке и вне его, размещают в металлических трубах или в металлорукавах. Соединения проводов выполняют с помощью разветвительных коробок. Электроэнергию к электрошкафу подводят от цеховых шинных сборок (стальных полос, заключенных в общий короб из листовой стали и укрепленных на стенах или стойках). В некоторых случаях станки подключают к кабелю, заложеному в шинопроводы и уложенно-

му в полу цеха. Проводку от короба к станку выполняют в трубах, металлорукавах или коробах меньшего сечения.

#### Контрольные вопросы

1. Назовите типы электродвигателей, применяемых в приводах токарных станков.
2. Что входит в состав электропривода?
3. Назовите основные составные части асинхронного электродвигателя.
4. Расскажите принцип действия асинхронного электродвигателя.
5. Назовите основные составные части двигателя постоянного тока.
6. Расскажите о принципе действия электродвигателя постоянного тока с параллельным возбуждением.
7. Перечислите электрические аппараты для управления электродвигателем и расскажите об их назначении.
8. Назовите электроизмерительные приборы и расскажите, как они работают.

# 16. Гидро- и пневмоприводы токарных станков

## 16.1. Основные элементы гидросистем

Гидро- и пневмоприводом называют совокупность устройств, предназначенных для приведения в движение механизмов станка посредством жидкости (под давлением) или сжатого воздуха. Для сообщения рабочей среде (жидкости или воздуху) привода потенциальной энергии служит насос, который соединяется трубопроводом с гидро- или пневмодвигателем, преобразующим энергию жидкости или воздуха в механическое перемещение рабочего органа станка. Для управления механическими перемещениями рабочих органов станка посредством гидро- или пневмодвигателя в трубопровод включена регулирующая и распределительная аппаратура.

Схема гидропривода показана на рис. 16.1. Жидкость из бака 1 по трубопроводу поступает в насос 2, работающий от электродвигателя. По трубопроводу 3 жидкость под давлением поступает в гидрораспределитель 4, а из него по трубопроводу 7 в гидродвигатель — лопастный цилиндр 8, который соединен с механизмом зажима заготовки. Изменение направления вращения лопасти 9 цилиндра осуществляется рукояткой 5 (или электромагнитом вместо нее) гидрораспределителя 4. Скорость поворота лопасти 9 до упора 10 регулируется клапаном 12 изменением давления жидкости в трубопроводе 7, которое определяется по манометру 6. Отработавшая жидкость и возможные утечки сливаются в бак 1 по трубопроводам 14, 13 и 11.

Пневмопривод работает по аналогичной схеме с той лишь разницей, что воздух под давлением может подаваться также из централизованной пневмосети, а отработанный воздух и утечки возвращаются в атмосферу. Таким образом постоянное по скорости движение электродвигателя насоса преобразуется в изменяемое по скорости и направлению движение гидро- или пневмодвигателя.

В качестве рабочей жидкости для гидроприводов металлорежущих станков

используют качественные масла с минимальным содержанием механических примесей и водорастворимых кислот и щелочей (Индустриальное 12, 20, 30, Турбинное 22, 30 и др.).

Гидробак 1 представляет собой герметичную емкость сварной конструкции, предназначенную для питания гидросистемы маслом; он расположен вне станка (рис. 16.2), а также может быть выполнен в нише станины станка. Между сливным 4 и всасывающим 2 патрубками обычно располагаются перегородки, которые

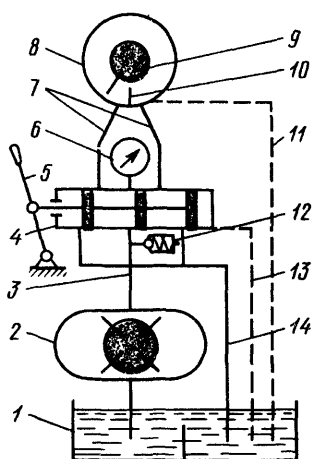


Рис. 16.1. Схема гидропривода

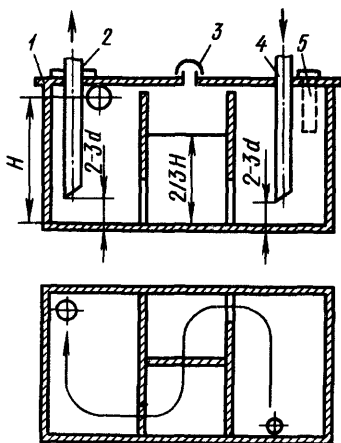


Рис. 16.2. Гидробак

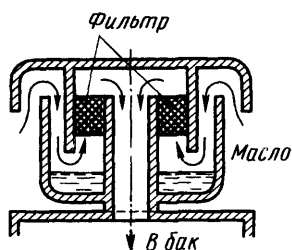


Рис. 16.3. Сапун

исключают прямой ток масла между патрубками 4 и 2, что позволяет осесть тяжелым частицам по пути к всасывающему патрубку 2. Обычно дно в гидробаке выполняется наклонным в сторону сливного патрубка, где располагается сливное отверстие. В низкой части дна бака собирается осадок из продуктов износа элементов гидросистемы, загрязнений и других примесей.

На крышке бака установлен сапун 3 (защитное устройство в виде грибка, снабженное фильтром), предназначенный для отвода из бака газообразных примесей, выравнивания давления (внутри и снаружи бака) и защиты от попадания в бак стружки, эмульсии и пыли из цеха (рис. 16.3). Масло в гидробак заливается через фильтр 5 (см. рис. 16.2), защищающий бак от попадания грязи при заливке.

Масло в гидробаке должно находиться на определенном уровне  $H$ , контроль которого осуществляется индикаторами. Для улавливания продуктов износа стальных деталей в стенку бака иногда ввертывают магнитную пробку. Постоянство температуры масла в гидробаке обеспечивается нагревательными и охлаждающими установками. Обычно гидробак является основанием для установки гидронасоса с приводом, фильтра и защитно-регулирующей аппаратуры. Такую установку называют станцией.

Гидросистемой называют разветвленную сеть, которая образуется при соединении элементов, входящих в состав

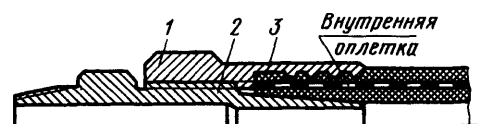


Рис. 16.4. Соединение резиноканевого шланга

гидросистемы, трубопроводом. К элементам гидросистемы относятся гидронасос, фильтр, клапаны, гидрораспределители, исполнительные силовые агрегаты и другие устройства. Неподвижные элементы соединяют металлическими бесшовными трубами, а подвижные — резиноканевыми и пластмассовыми трубами.

Соединение резиноканевых шлангов с элементами системы при давлениях рабочей жидкости 10—15 МПа (рис. 16.4) осуществляют с помощью зажимной обоймы 1 (наконечника) и ввернутого в нее ниппеля 2, присоединительный штуцер выполнен с конической резьбой. Хвостовик обоймы имеет внутреннюю резьбу большого шага. При монтаже шланг 3 винчивают в хвостовую часть обоймы до упора, а затем обойму 1 вместе с шлангом 3 навинчивают на ниппель 2, который своим коническим концом обжимает шланг по внутренней резьбе обоймы и герметизирует соединение.

Соединения жестких трубопроводов представлены на рис. 16.5, где на рис. 16.5, а показано соединение тонкостенных, предварительно развальцованных труб; соединение, изображенное на рис. 16, б, обеспечивается тем, что к трубам приваривают шаровой штуцер 1, который притягивается к конической поверхности тройника 2 накидной гайкой 3; на рис. 16.5, в показано соединение с врезающимся кольцом 4, которое надевается на трубу 5, затем поджимается к конической поверхности тройника 2 накидной гайкой 3. При этом острая кромка врезного кольца 4 деформируется и уплотняет соединение. При повторной сборке соединения врезное кольцо 4 заменяют; на рис. 16.5, г показано соединение с торцовым уплотнением медными и радиальными резиновыми кольцами, которые допускают многократный демонтаж трубопровода и обеспечивают надежное уплотнение соединенных трубопроводов.

Для очистки масла от попавших в него твердых частиц применяют фильтры с фильтрующими элементами в виде сеток, фетра, войлока, бумаги т. д. Недостатком этих фильтров является частичный демонтаж, необходимый для замены фильтрующего элемента. Не требует замены фильтрующего элемента пластинчатый фильтр

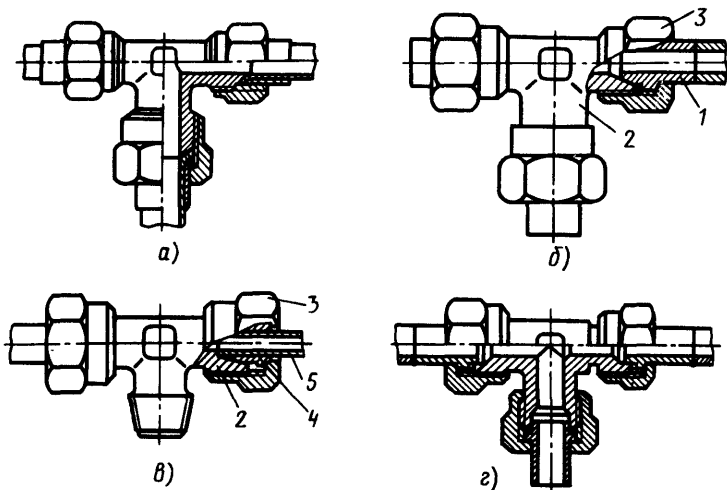


Рис. 16.5. Соединение (а—г) жестких трубопроводов

(рис. 16.6), который состоит из набора пластин 1, разделенных пластинами (скребками) 2, толщина которых определяет размер фильтрующей щели между пластинами 1. Масло поступает в отверстие 3 корпуса фильтра и проходит через фильтрующие щели, в которых задерживаются частицы, загрязняющие масло. Очищенное масло отводится через отверстие 5. Для очистки фильтрующих промежутков периодически поворачивают ручку 4, вместе с которой поворачиваются скребки 2, которые удаляют грязь из фильтрующих промежутков. Грязь соби-

рается в стакане и периодически удаляется из него через отверстие, закрытое пробкой 6.

## 16.2. Насосы

Пластинчатый насос состоит из статора 1 и ротора 2 (рис. 16.7). В радиальных пазах ротора помещены пластины 3. Оси ротора и статора расположены с эксцентриситетом  $e$ . При вращении ротора пластины в его пазах совершают возвратно-поступательное движение, прижимаясь торцами (под действием центробежных сил и давления жидкости) к поверхности статора. В результате объемы пространства между пластинами изменяются. При увеличении объемов создается разрежение и жидкость, поступающая из масляного бака по трубопроводу через входное отверстие статора, заполняет пространство между пластинами. При уменьшении объемов пространства жидкость вытесняется через выходное отверстие статора в напорную магистраль. Изменяя эксцентриситет  $e$ , можно регулировать поток жидкости при неизменной частоте вращения ротора.

Шестеренный насос (рис. 16.8) состоит из двух зубчатых колес, которые находятся в зацеплении и установлены с минимальным зазором между вершинами зубьев и цилиндрическими расточками в корпусе. От ведущего зубча-

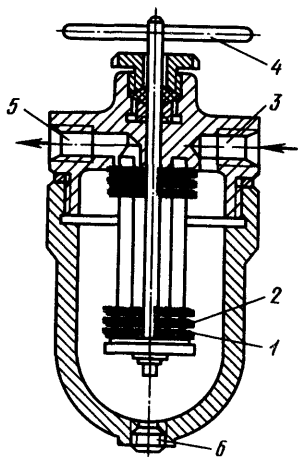


Рис. 16.6. Пластинчатый фильтр

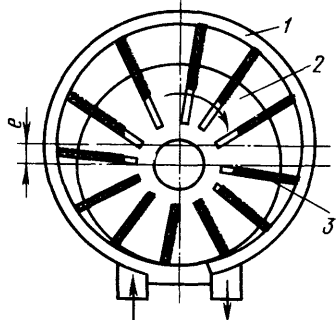


Рис. 16.7. Пластиначный насос

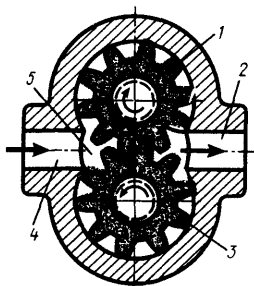


Рис. 16.8. Шестеренный насос

того колеса 1 приводится во вращение ведомое зубчатое колесо 3. В результате в зоне 5 образуется разрежение и масло по каналу 4 всасывается в зону 5. В зоне 2 зубья шестерен входят в зацепление и вытесняют масло из впадин между зубьями, происходит нагнетание масла в магистраль, соединенную с полостью 2.

Если необходимо получить высокое рабочее давление масла, применяют поршневые насосы. В расточках ротора 1 аксиально-поршневого насоса

(рис. 16.9) перемещаются поршни 2, которые через шатуны 4 связаны с шайбой 5, наклон которой может изменяться на угол  $\alpha$  относительно вала 3. Вал 3 связан с шайбой 5 шарнирно, а с ротором 1 — шлицами. При вращении ротора 1 вместе с шайбой 5 наклон шайбы сохраняется и поэтому поршни совершают возвратно-поступательное движение. При этом под одним поршнем образуется разрежение и масло по каналам 8 и 9 всасывается по трубопроводу из бака, а другой поршень сжимает масло, которое по каналам 6 и 7 нагнетается из цилиндра в напорную магистраль. Объем поступающего масла в напорную магистраль масла может регулироваться изменением угла  $\alpha$  наклона шайбы 5.

### 16.3. Контрольно-распределительная аппаратура и исполнительные органы

**Контрольно-регулирующая аппаратура.** Она предназначена для регулирования расхода масла, защиты гидросистемы от перегрузки, отвода излишней жидкости, поддержания постоянного давления, снижения давления в ответвлении от главной магистрали.

Регулирование количества подаваемого масла от насоса в гидросистему осуществляется дросселями и изменением поперечного сечения отверстия, через которое поступает масло в магистраль.

Поперечное сечение отверстия изменяют осевым перемещением иглы 1 (рис. 16.10, а) или поворотом стержня 2 (рис. 16.10, б) или установкой шайбы 3 (диафрагмы) с размером отверстия,

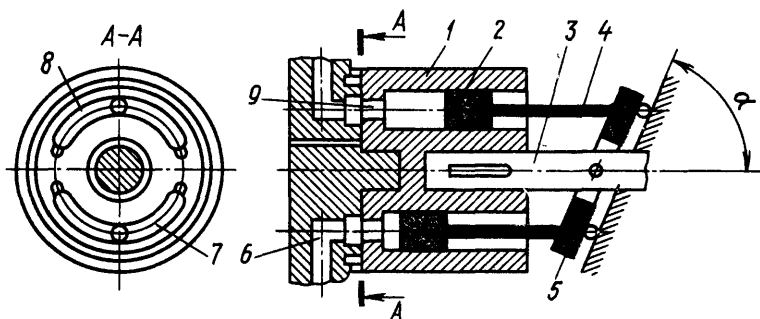


Рис. 16.9. Аксиально-поршневой насос

соответствующим требуемому сечению (рис. 16.10, в).

Напорные гидроклапаны (рис. 16.11) предназначены для автоматического ограничения чрезмерного давления рабочей жидкости. При увеличении давления в магистрали до значения, на которое клапан отрегулирован, пружина клапана сжимается и открывает отверстие, которое остается открытым для слива жидкости до тех пор, пока давление не достигнет требуемого значения.

Переливные клапаны позволяют получить в гидросистеме постоянное давление, перепуская значительные потоки рабочей жидкости в гидробак (рис. 16.12). При нормальном давлении жидкости в гидросистеме плунжер 3 перекрывает отверстие клапана, к которому из магистрали подается масло; при этом масло поступает по каналу 1 под нижние торцы плунжера 3. Затем через дроссель 8 по каналу в плунжере 3 масло поступает в полость 6, расположенную над верхним торцом плунжера 3, к напорному клапану 5. Пружина напорного клапана 5 регулируется для создания усилия прижима шарика, обеспечивающего поддержание в магистрали нужного давления. При давлении в магистрали выше заданного клапан 5 открывается и давление в полости 6 падает. Так как под нижние торцы плунжера 3 подведено полное давление, то при открытии напорного клапана 5 плунжер переместится вверх и откроет отверстие 2, через которое масло из напорной магистрали перельется через отверстие 7 в сливную магистраль, соединенную с баком. Отверстие 4 позволяет управлять работой переливного клапана другими гидравлическими устройствами.

Редукционные клапаны (рис. 16.13) применяют для понижения давления на отдельных участках гидросистемы. Масло из магистрали под рабочим давлением подается в канал 1, который перекрывается плунжером 2 под действием его верхний торец пружины 5, расположенной в полости 4, и давления масла, подаваемого по каналу 3. При уменьшении давления в полости 6 ниже установленного плунжер 2 под действием рабочего давления смещается и открывает выход для масла из канала 1 в канал 6. Как только

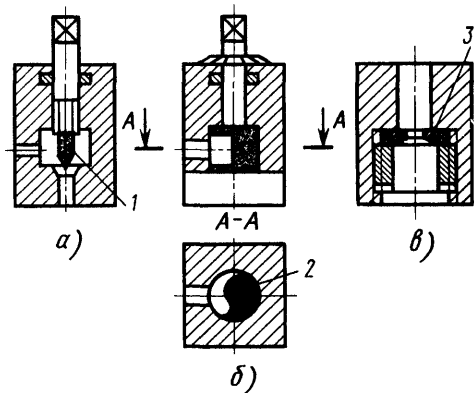


Рис. 16.10. Дроссели:

а — игольчатый, б — шелевой, в — диафрагменный

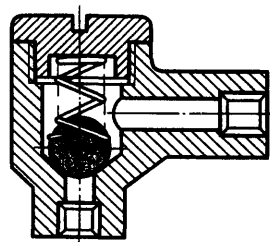


Рис. 16.11. Напорный гидроклапан

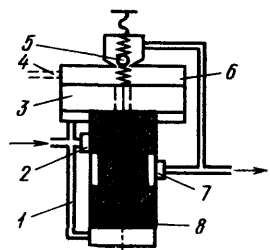


Рис. 16.12. Переливной клапан

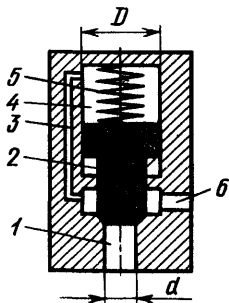


Рис. 16.13. Редукционный клапан



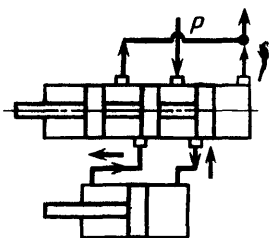


Рис. 16.14. Схема работы распределителей потока

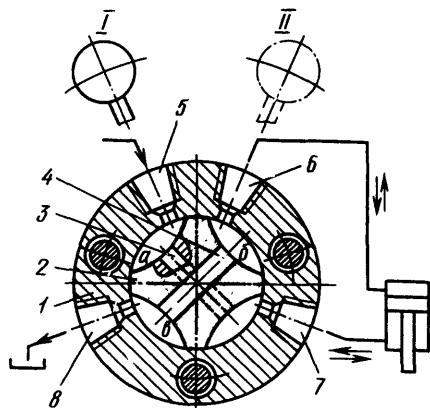


Рис. 16.15. Схема работы поворотного крана

корпуса с кольцевыми канавками, соединенными отверстиями с каналами гидросистемы. Число выточек на плунжере и канавок в корпусе совпадает и зависит от числа пропускаемых потоков жидкости. Плунжер в распределителе потока (рис. 16.14) соединяет поочередно обе полости гидроцилиндра с напорной или сливной магистралью. Переключение плунжера в распределительном устройстве выполняется вручную, кинематическими устройствами (например, кулачками), электромагнитами, а также гидравлическим и пневматическими устройствами.

К распределительным устройствам относят также поворотные краны I. В положении I рукоятки (рис. 16.15) масло из магистрали через отверстие 5 в корпусе, канал 3 в плунжере и отверстие 7 поступает в полость гидроцилиндра и перемещает шток вверх. Из другой полости гидроцилиндра масло через отверстие 6, канал 4 в плунжере 2 и отверстие 8 поступает в сливную магистраль. В положении II рукоятки масло из магистрали через отверстие 5 и полость *a*, образуемую выемкой в плунжере 2, поступает в отверстие 6; масло на слив поступает через отверстие 7, полость *b*, канал 4 и полость *в* в отверстие 8, соединенное со сливной магистралью.

**Исполнительные органы.** Исполнительные органы предназначены для преобразования энергии масла в гидросистеме в механическую энергию, используемую для перемещения рабочих органов, и поэтому их принято называть гидродвигателями.

К ним относят гидроцилиндры, роторные, пластинчатые гидродвигатели и др. Гидроцилиндры двустороннего действия (рис. 16.16) преобразуют энергию масла в возвратно-

давление в канале 6 достигнет заданного значения, плунжер 2 перекрывает канал 1, обеспечивая таким образом падение давления в канале 6.

Распределительные устройства предназначены для изменения направления потока жидкости в магистрали гидросистемы. К ним относят распределители золотникового типа, рабочим органом которых является плунжер с выточками, перемещающийся в цилиндрическом отверстии

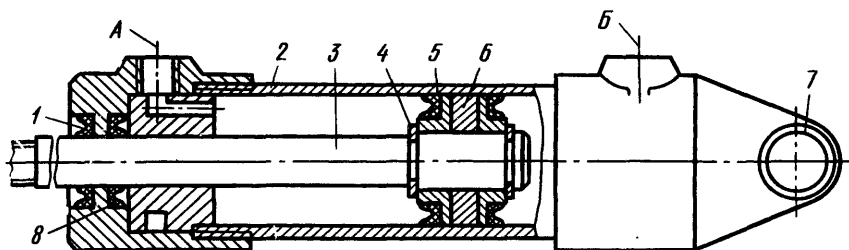


Рис. 16.16. Гидроцилиндр двустороннего действия

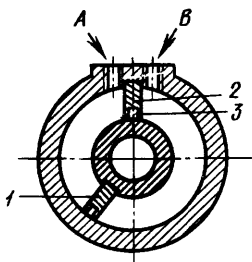


Рис. 16.17. Схема пластинчатого поворотного гидродвигателя

поступательное движение рабочего органа станка. Внутри цилиндрической полости корпуса 2 перемещается поршень 6, который соединен со штоком 3 запорными кольцами 4. Герметизация от утечек масла осуществляется уплотнениями 5, 1 и 8. Проушиной 7 цилиндр соединяется со станиной станка, а конец штока соединяется с рабочим органом станка, совершающим возвратно-поступательное движение. Если масло подается в отверстие А, то поршень, перемещаясь вправо, сообщает рабочему органу рабочий ход, а если в отверстие В, то возвращает его в исходное положение.

Для получения угловых периодических движений применяют пластинчатые поворотные гидродвигатели (рис. 16.17). Такой гидродвигатель состоит из корпуса, вала с лопастью 1 и упора 2 с уплотнением 3, разделяющего полость цилиндра на две части. При подаче давления масла в отверстие А, расположенное слева от упора 2, лопасть 1 поворачивает вал против часовой стрелки, а при подаче масла в отверстие В, расположенное справа от упора 2, — по часовой стрелке.

## 16.4. Типы и элементы пневмоприводов

**Типы пневмоприводов.** По конструкции силовой части пневмоприводы делят на поршневые (пневмоцилиндры) и диафрагменные (пневмокамеры), они могут быть стационарными и вращающимися. Поршневые цилиндры применяют в тех случаях, когда необходим большой ход штока. По конструкции и принципу действия поршневые пневмоцилиндры не

отличаются от поршневых гидроцилиндров. Пневмокамеры применяют в тех случаях, когда шток при небольшом ходе должен передавать значительные усилия (например, зажимным устройством). Пневмокамера (рис. 16.18) крепится к корпусу устройства фланцем с болтами б. При подаче через отверстие 1 сжатый воздух попадает в бесштоковую полость пневмокамеры, которая образуется с одной стороны крышкой 2, а с другой — эластичной диафрагмой 3, зажатой крышкой 2 по наружному диаметру  $D$  и по внутреннему диаметру  $d$  диском 4 со штоком 5, который соединен с зажимным механизмом. При подаче сжатого воздуха в отверстие 7 диафрагма 3 вместе с присоединенными к ней деталями возвращается в исходное положение.

**Элементы пневмоприводов.** Фильтры-влагодетелители применяют для очистки сжатого воздуха, поступающего из воздушной магистрали, от влаги и механических примесей. Воздух, поступающий через отверстие П (рис. 16.19) и щели отражателя 5, мгновенно расширяется и охлаждается. Сконденсированные водяные пары оседают капельками на стенках стакана 1, а затем стекают вниз и скапливаются под заслонкой 3.осушен-

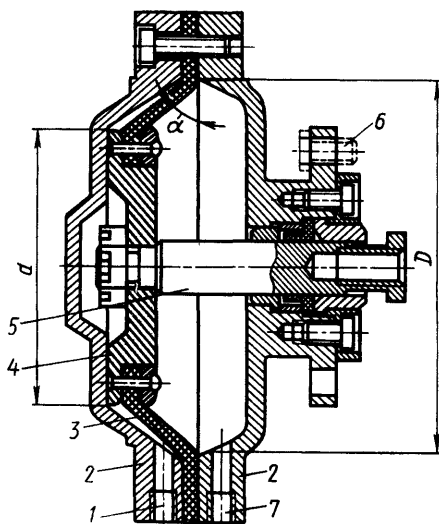


Рис. 16.18. Пневмокамера двустороннего действия

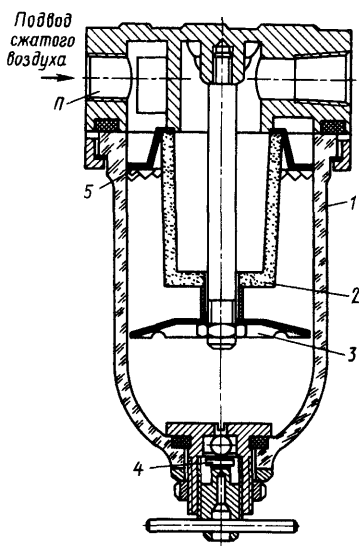


Рис. 16.19. Фильтр-влагодделитель

ный воздух проходит через фильтр 2 и очищается от механических примесей. После очистки воздух поступает в магистраль к пневмоприводу. Накопившаяся влага и механические примеси удаляются из стакана 1 под действием сжатого воздуха через запорный клапан 4.

Для регулирования давления в полости пневмопривода применяют регу-

ляторы давления, из которых наиболее распространены регуляторы давления с диафрагмой. Очищенный воздух поступает через отверстие П в корпусе 8 (рис. 16.20), кольцевой зазор между клапаном 6 с резиновым кольцом 4 и корпусом в полость, внутри которой перемещается толкатель 7, и выходит через отверстие О. Через отверстие К воздух поступает в полость М, сжимающая диафрагму 3, и уравнивает силу давления пружины 2. Клапан 6 будет открыт, пока давление в выходном отверстии и в полости М не повысится до заданного значения, при этом диафрагма 3, сжимая пружину 2, выпрямится. При падении давления в выходном отверстии и в полости М диафрагма под действием пружины 2 прогнется и через толкатель 7 отожмет клапан 6, увеличив поступление сжатого воздуха из отверстия П в выходное отверстие О. Следовательно, давление на выходе из отверстия О регулятора поддерживается постоянным и соответствует силе пружины 2, которая регулируется винтом 1. Когда пружина 2 разжата, клапан 6 под действием пружины 5 перекрывает поступление воздуха в отверстие О.

Для смазывания трущихся поверхностей деталей пневмоцилиндра применяют масляный распылитель (рис. 16.21). Воздух из магистрали поступает через входное отверстие 3 и кольцевой канал 9 к выходному отверстию 5, а также через каналы 2, 6 и 1 в резервуар 11 с маслом. При полном открытии дросселя 10 давление в резервуаре 11 и в полости 4 одинаково, при этом масляные капли не образуются. При перекрытии отверстия дросселем 10 давление в полости 4 понижается и масло из резервуара, где более высокое давление воздуха, через трубку 7 подается в трубку 8 при отжатом шарике.

Направление движения сжатого воздуха изменяют распределительным краном (рис. 16.22). Если рукоятка крана 6 расположена так, что каналы золотника 5 расположены вдоль горизонтальной оси, то сжатый воздух подается в левую полость 1 цилиндра и поршень 2 со штоком 4 перемещается вправо, при этом воздух из полости цилиндра 3 выпускается через распределитель-

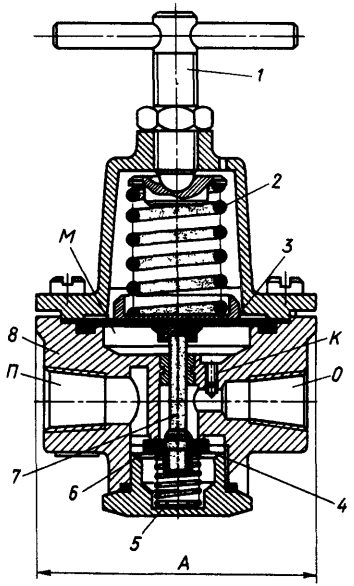


Рис. 16.20. Регулятор давления

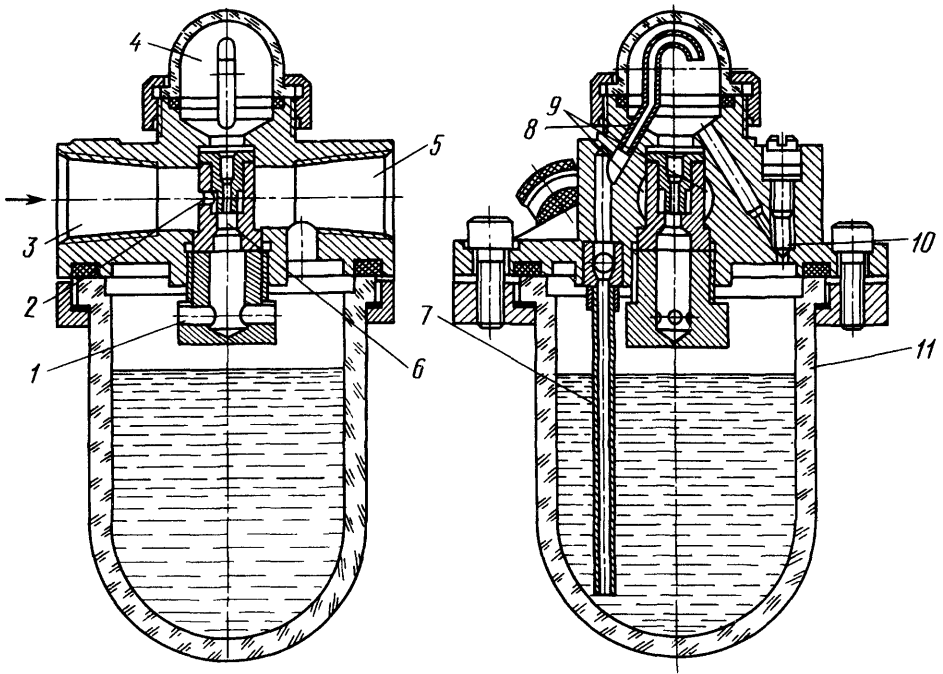


Рис 16.21 Маслораспылитель

ный кран в атмосферу. При положении рукоятки крана 6, в котором каналы золотника 5 располагаются вдоль вертикальной оси, сжатый воздух подается в полость 3 цилиндра, а воздух из полости цилиндра 1 выпускается через распределительный кран в атмосферу.

#### Контрольные вопросы

1. Что называют гидро- и пневмоприводом?
2. Как устроен и для чего предназначен гидробак?
3. Какие существуют способы соединения трубопроводов?
4. Назовите аппараты управления и защиты гидропривода.
5. Для чего предназначены гидродвигатели и как они работают?
6. Назовите типы пневмоприводов и расскажите о принципе их действия.

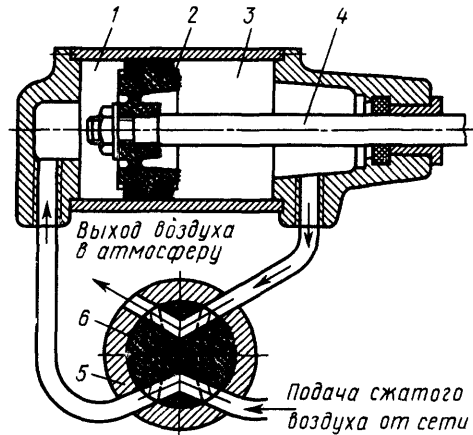


Рис. 16.22. Схема работы распределительного крана с плоским золотником

# 17. Автоматизация и механизация токарной обработки

## 17.1. Общие сведения

Чтобы повысить производительность и качество токарной обработки, рациональнее использовать рабочее время токаря и повысить эффективность его труда, проводят постоянную работу по автоматизации и механизации токарных станков. Автоматизация — это процесс создания приборов, механизмов и устройств, которым частично или полностью передаются функции управления станком и контроля качества обработки деталей. Механизация — это оснащение станка устройствами, которые облегчают труд токаря и освобождают его от выполнения физически тяжелых, трудоемких и утоми-

тельных работ. Технические средства автоматизации и механизации токарного станка схематически представлены на рис. 17.1.

К средствам механизации относят транспортные средства, зажимные устройства (самозажимные поводковые патроны, патроны с пневмо- или гидрозажимом, заднюю бабку с гидро- или пневмоприводом пиноли), механизированный привод подач резцовых салазок, задней бабки, а также гидросуппорт (рис. 17.2), который позволяет обрабатывать заготовки по копиру, закрепляемые в центрах и в патроне, по наружным и внутренним поверхностям.

Гидросуппорт устанавливают вместо обычного суппорта. Задающим движением для суппорта является продольная (для обработки наружных или внутренних поверхностей) или поперечная (при обработке торцовых поверхностей) подача. Копир 15 устанавливают на неподвижной поверхности станка профилем вдоль обрабатываемой поверхности. Масло от насоса 1 с мотором М по гибкому шлангу 2 подается в полость 3 цилиндра 4, из которой по калиброванному отверстию в поршне 5 перетекает в полость 6. Поршень 5 крепится к неподвижному салазкам суппорта. Так как площадь поршня 5 в полости 3 в два раза меньше площади поршня 5 в полости 6, то при одинаковом давлении масла в обеих полостях суппорт 16 будет подведен к линии центров. Давление масла в полости 6 регулируется золотником 10 гидрораспределителя 8, который под действием пружины 11 стремится перекрыть канал 7; при этом штоком 12 и рычагом 13 наконечник 14 шупа прижимается к копиру 15. При движении по копиру наконечника 14 рычаг 13 сжимает пружину 11 и изменяет проходное сечение для выхода масла из полости 6 в сливную магистраль 9. При этом давление в полости 6 будет падать при сохранении давления в полости 3, что сместит суппорт 16 в направлении от оси центров и относительно неподвижного поршня 5. Вместе с суппортом 16 переме-

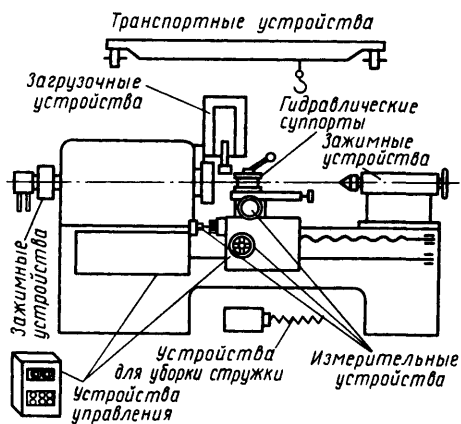


Рис. 17.1. Технические средства автоматизации и механизация токарного станка

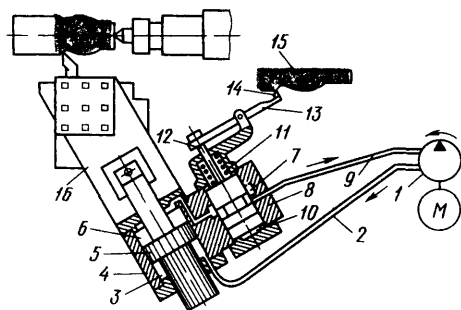


Рис. 17.2. Гидросуппорт токарного станка

стится корпус гидрораспределителя 8 и приведет систему в равновесие.

К средствам автоматизации и можно отнести устройства управления (датчики, кулачки, ограничители, конечные выключатели, упоры) и измерения, загрузочные устройства, устройства уборки стружки, действие которых скоординировано с работой станка и требует вмешательства рабочего только при наладке станка или при подналадке в процессе работы.

Упор, устанавливаемый на направляющих станка (рис. 17.3), состоит из корпуса 1, прикрепляемого к станине планкой 2 и болтами 3 и 4. На нужный размер упор устанавливают винтом 6 со шкалой, а в заданном положении закрепляют гайкой 5. Упоры применяют для переключения или отключения продольной или поперечной подачи рабочего органа станка.

При обслуживании станка применяют различные загрузочные устройства для сортового материала (прутков, труб, проволоки и т. п.) и штучных заготовок (поковок, штампов, отливок). Загрузочные устройства для штучных за-

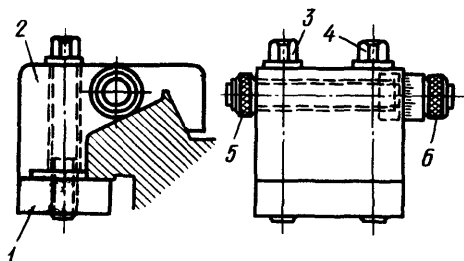


Рис. 17.3. Продольный упор

готовок в зависимости от степени автоматизации делят на механизированные (подъемно-транспортное оборудование), полуавтоматические (магазинные устройства), автоматические (бункерные устройства, роботы-манипуляторы).

Подъемно-транспортное оборудование включает различные устройства для механизации установки и съема, транспортирования и складирования заготовок. К ним относят мостовые краны, кран-балки, тельферы, консольные краны и т. п. При более высоких темпах загрузки заготовок (тяжелых) могут быть применены цепные, ленточные, роликовые (рольганги), подвесные цепные и шаговые конвейеры и т. д. Для транспортирования заготовок

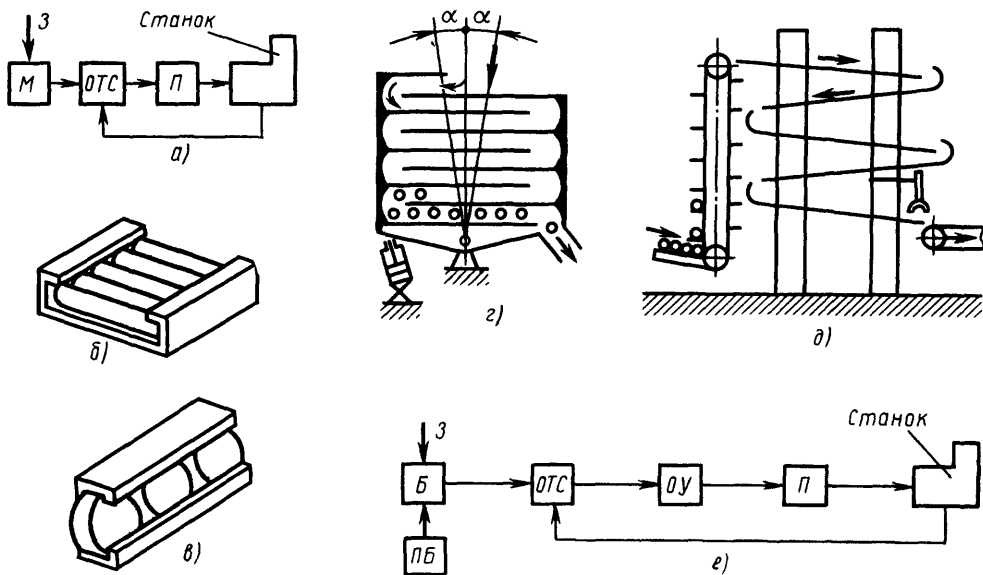


Рис. 17.4. Загрузочные устройства:

а — блок-схема магазинного загрузочного устройства, б и в — лотковые магазины, г — секционный магазин, д — шахтный магазин, е — схема автоматического загрузочного устройства; М — магазин, ОТС — отсекатель, П — питатель, Б — бункер, ОУ — ориентирующее устройство, ПБ — питатель

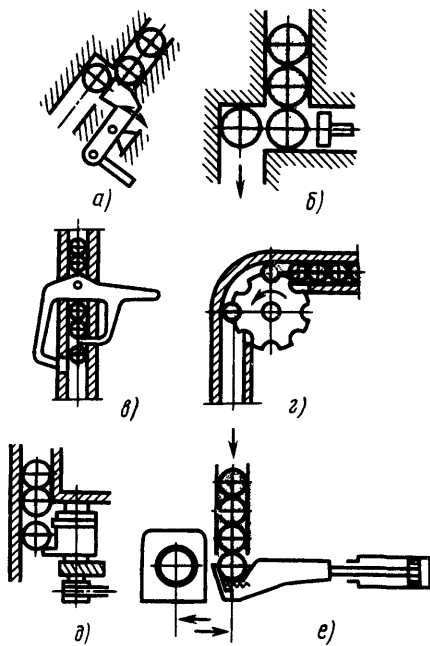


Рис. 17.5. Отсекатели:

*а* и *в* — качающиеся, *б* и *е* — шибберные, *г* — дисковые, *д* — кулачковые

и готовых деталей применяют специальную тару и стеллажи, которые перемещают на склад или к металлорежущему станку посредством электрокары, погрузчика, штабелера и другого цехового транспорта.

Полуавтоматические загрузочные устройства предназначены для быстрой загрузки станков заготовками небольшой массы. В зависимости от формы заготовок, темпа загрузки и других факторов магзины выполняют лотковыми, трубчатыми, цепными, секционными и т. д. Загрузочные устройства этого типа состоят в основном из магазина *М*, предназначенного для создания запаса заготовок, отсекателя *ОТС* и питателя *П* (рис. 17.4, *а-е*). Отсекатели служат для отделения одной или нескольких заготовок от общего потока. Их конструкции (рис. 17.5, *а-е*) зависят в основном от формы заготовок и поэтому отличаются большим разнообразием. Управление отсекателями осуществляется от станка. Питатели служат для подачи заготовок в рабочую зону. Они бывают шибберного, маятникового, револьверного и других типов.

Работы-манипуляторы облегчают труд рабочего-оператора при обслуживании отдельного станка или группы станков; их применяют для установки и снятия заготовок, для контроля деталей в процессе обработки и выполнения других операций.

На рис. 17.6 показано магазинное загрузочное устройство токарного станка. На кронштейне *2*, установленном на передней бабке *12*, закреплен лоток *1*. Заготовку по направляющей *3* в самозажимный кулачковый патрон *11* подает питатель *5*, установленный на шлицевом валу *9*, который может поворачиваться в опорах кронштейна *10*. При повороте питателя *5* влево для загрузки станка тяга *8* под действием пружины *7* перемещается вправо, так как упор *6* не ограничивает ее перемещение, и зажимает заготовку рычагом *4*, который поворачивается на оси *О*. От выпадения деталь удерживается верхней частью питателя *5*. После установки детали в патроне питатель *5* перемещается вправо, а тяга *8*, упираясь одним концом в упор *6*, поворачивает другим концом рычаг *4* на оси *О* против часовой стрелки для поступления очередной детали из магазина.

В условиях серийного производства деталей эффективно использование автоматов и полуавтоматов, обрабатывающих детали типа втулок, колец, валов, включая контроль их размеров, автоматически, без участия рабочего, который следит за исправной работой автомата, периодически загружает его заготовками и контролирует качество обработки.

Обработка деталей на полуавтомате производится с участием рабочего, который производит смену заготовки, пуск станка, измерение обработанной детали и др.

Токарные автоматы и полуавтоматы в зависимости от ориентации оси шпинделя подразделяют на горизонтальные и вертикальные, в зависимости от количества шпинделей — на одношпиндельные и многошпиндельные, в зависимости от применяемой заготовки (пруток, труба, поковка, отливка, штамповка и др.) — на прутковые и патронные.

Автоматы и полуавтоматы, связанные между собой транспортными и загрузочными устройствами, образуют автоматизированные участки (если имеется возмож-

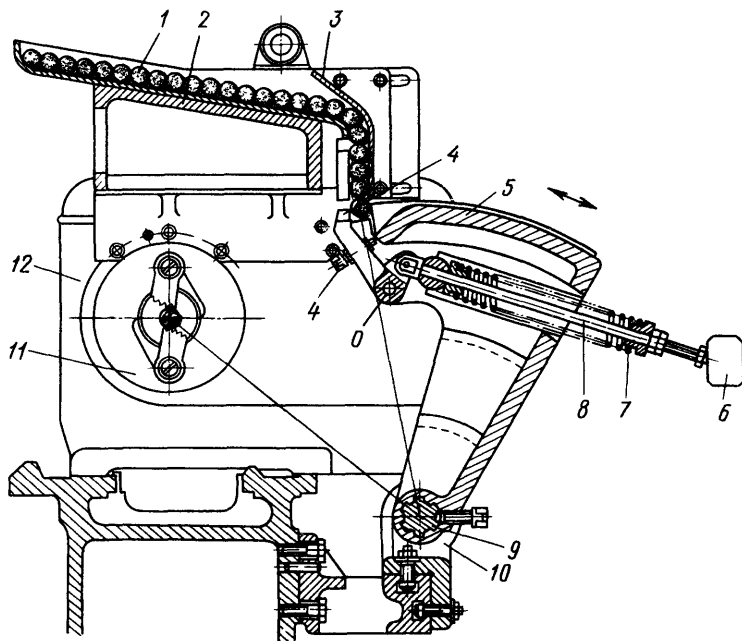


Рис. 17.6. Магазинное загрузочное устройство для токарного станка

ность переналадки на обработку другой детали) или автоматическую линию (если такая возможность практически отсутствует).

## 17.2. Токарные станки специального назначения

Винторезные токарные станки в отличие от токарно-винторезных предназначены только для нарезания резьбы на деталях, которые изготавливают в большом количестве, причем требования к ним по точности резьбы выше тех, которые можно обеспечить на обычных токарно-винторезных станках. Поэтому конструкции винторезных станков должны иметь повышенные точность и жесткость; станина их выполнена жесткой и монолитной, а передняя бабка имеет повышенную жесткость; шпиндель смонтирован на подшипниках скольжения или качения повышенной жесткости и точности; суппорт выполнен без верхней поворотной части, каретка его имеет удлиненные направляющие; ходовой винт большого диаметра смонтирован на роликоподшипниках и размещен внутри станины между направляющими, что исключает перекосы

каретки суппорта при движении по направляющим станка.

Кроме того, на станке имеются корректирующие устройства (линейки), компенсирующие неравномерность тепловой деформации ходового винта, погрешности его изготовления и др. Повышение точности и жесткости винторезной кинематической цепи достигается также сокращением числа звеньев. Например, в станке отсутствует коробка подач, а настройку его винторезной цепи на шаг нарезаемой резьбы выполняют гитарой сменных зубчатых колес. На станке также предусмотрен автоматизированный цикл нарезания резьбы.

Токарные гидрофицированные полуавтоматы предназначены для многорезцовой и копировальной обработки, быстроходны, мощны и высокопроизводительны, их широко применяют в условиях серийного и массового производства.

Многорезцовые токарные полуавтоматы могут иметь один или два шпинделя и от двух до четырех суппортов. Одношпиндельные многорезцовые полуавтоматы могут быть центровыми и патронными, а двухшпиндельные — патронными. На рис. 17.7 показана настройка



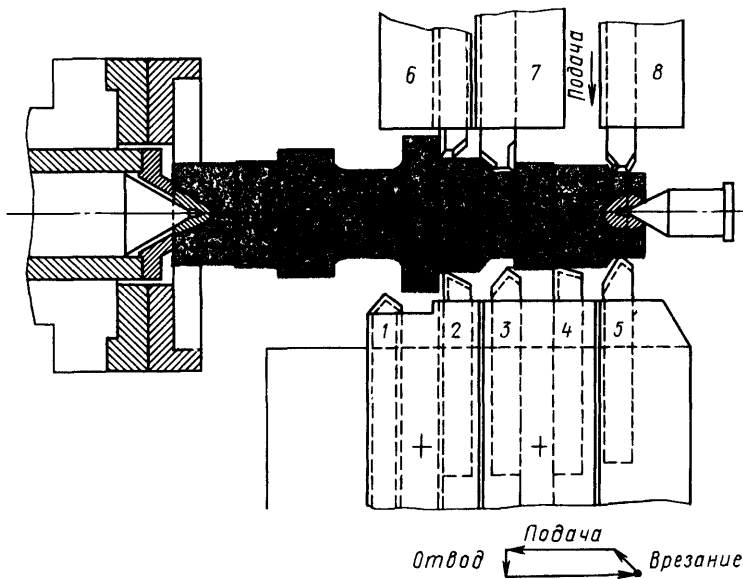


Рис. 17.7. Схема наладки многолезцового станка на обработку ступенчатого вала

центрового полуавтомата на обработку ступенчатого вала. В переднем суппорте закреплены проходные резцы 1—5, которые, перемещаясь с продольной подачей, обрабатывают наружные поверхности, а резцы 6—8, закрепленные в заднем суппорте, перемещаясь с поперечной подачей, обрабатывают канавки, подрезают торцы и снимают фаски.

Токарные гидрокопировальные одношпиндельные полуавтоматы предназначены для изготовления деталей сложного профиля с цилиндрическими, коническими и фасонными поверхностями. Особенность этих полуавтоматов состоит в том, что они оснащены верхним гидрокопировальным суппортом, который расположен над деталью, установленной в центре станка. Обработка фасонного профиля ведется одним резцом, воспроизводящим на детали фасонный профиль шаблона, по которому перемещается шуп гидрокопировального суппорта. Резцами, установленными на нижних суппортах, производят подрезку торцов, протачивание канавок и др. Все суппорты станка осуществляют автоматизированные циклы рабочих и холостых движений, которые выполняются в определенной последовательности. Окончание обработки одним суппортом служит

командой для включения в работу другого суппорта. Управление полуавтоматом производится прикрепленным к кареткам суппортов кулачками, которые при движении вместе с суппортами нажимают на конечные выключатели и выполняют необходимые переключения. Для сокращения цикла обработки, а также переналадки и настройки на другую деталь полуавтоматы оснащены системами числового программного управления.

### 17.3. Одношпиндельные токарные автоматы

Одношпиндельные токарные автоматы по способу обработки подразделяют на фасонно-отрезные, продольного точения и токарно-револьверные.

Фасонно-отрезные автоматы предназначены для изготовления коротких деталей диаметром до 25 мм. Заготовкой является пруток или проволока, свернутая в бунт. Работа автомата начинается с установки упора 3 по оси шпинделя станка и подачи прутка или проволоки до упора (рис. 17.8). Затем упор 3 отводится в исходное положение. Обработка детали 2 производится врезной подачей фасонного резца суппортом 4. Об-

рабочая деталь отрезается резцом, установленным в отрезном суппорте 1. Фасонно-отрезные автоматы могут иметь до пяти радиально расположенных суппортов, оснащенных отрезными и фасонными резцами с врезанием поперечной подачей. Кроме того, фасонно-отрезные автоматы могут быть оснащены дополнительным шпинделем, который расположен по оси прутка, имеющим вращательное и поступательное движение, что позволяет сверлить, нарезать резьбу и др.

На автоматах продольного точения (рис. 17.9) обработка заготовок из прутка 18 производится осевым перемещением шпиндельной бабки 12 при неподвижных режущих инструментах или при совмещенном радиальном перемещении инструмента в суппортах 1, 2, 3, 4, 5. Сложение этих движений позволяет изготавливать детали сложного профиля — ступенчатые валики, детали со сферической поверхностью и др. Всего на вертикальных суппортах автоматов можно установить до пяти резцов для обработки наружной и внутренней поверхностей. Горизонтальные суппорты 1 и 2 установлены на балансирах 6, который может качаться на оси 7. При вращении кулачка 9 упор 10, прижимаясь пружинной 8, поворачивает балансир 6 и перемещает суппорты 1 и 2 относительно оси шпинделя. Особенностью конструкции автоматов продольного точения является наличие люнетной втулки 13, которая служит опорой для обрабатываемой заготовки. Близкое расположение режущего инструмента 15 к люнетной втулке позволяет производить обработку с минимальной деформацией от сил резания и высокой точностью на длине, равной 20—30 диаметрам детали.

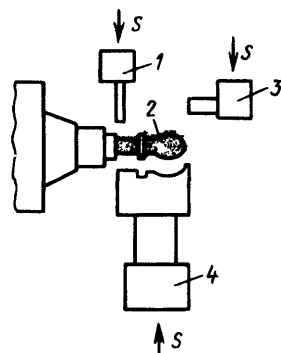


Рис. 17.8. Схема работы фасонно-отрезного автомата

После отрезки готовой детали резец 14 не отводится, а используется в качестве упора для подаваемого прутка. После отрезки детали зажимная цапга 11 разжимается, а пруток перемещается резцом 17 через штангу 16 до упора в резец 14. После разжима цапги 11 бабка 12 отводится от люнетной втулки 13 на рабочий ход; затем цапга зажимается, резец 14 отводится и цикл обработки повторяется.

Одношпиндельные автоматы продольного точения позволяют производить посредством пяти суппортов многоинструментальную обработку цилиндрических, конических и фасонных поверхностей, а также прорезку канавок и подрезку торцов из прутков диаметром до 16 мм. Технологические возможности автоматов продольного точения значительно расширяются с использованием различных приспособлений.

Токарно-револьверные одношпиндельные автоматы

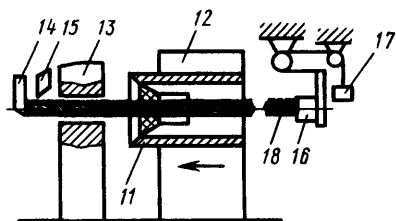
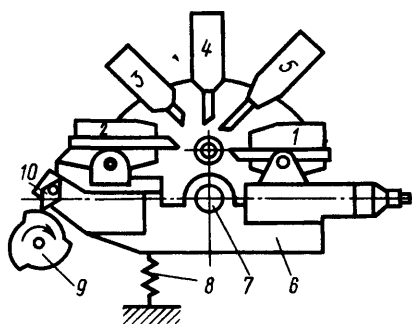


Рис. 17.9. Схема работы автомата продольного точения



предназначены для изготовления деталей из прутка диаметром до 40 мм и оснащены тремя или четырьмя поперечными суппортами и шестипозиционной револьверной головкой с горизонтальной осью вращения, перпендикулярной оси шпинделя станка. Суппорты работают с поперечной врезной подачей, а револьверная головка — с продольной. Токарно-револьверные одношпиндельные автоматы позволяют производить обработку деталей более сложного профиля, чем фасонно-отрезные автоматы.

#### 17.4. Многошпиндельные автоматы

Для обработки заготовок диаметром свыше 20 мм в серийном производстве используют горизонтальные и вертикальные многошпиндельные автоматы. Горизонтальные многошпиндельные автоматы могут быть четырех- и шестишпиндельными (реже пяти- и восьмишпиндельными).

Шпиндели предназначены для закрепления обрабатываемых прутков и получения вращения от одного привода (рис. 17.10, б). Шпиндели располагаются (рис. 17.10, а) в барабане параллельно горизонтальной оси его вращения. Шпиндельный барабан имеет фиксированные положения, соответствующие числу шпин-

делей, что позволяет последовательно менять их позиции. Число поперечных суппортов соответствует числу шпинделей в барабане. Подвод и отвод инструмента суппортами производится при повороте кулачков распределительного вала, который расположен над шпиндельным барабаном.

Многошпиндельные автоматы имеют продольный суппорт, который представляет собой каретку с числом граней, соответствующих числу шпинделей. Каретка расположена на одной оси со шпиндельным барабаном. По каждой грани каретки перемещаются суппорты с инструментом. Управляются суппорты от кулачков распределительного вала. Изменение хода суппортов производится изменением длины плеч рычагов. В некоторых продольных суппортах размещаются инструментальные шпиндели, которые имеют самостоятельное вращательное движение для сверления отверстий, нарезания резьбы и др.

Наладка шестишпиндельного автомата приведена на рис. 17.11. На позиции 1 шпиндельного барабана обтачивание шестигранного прутка по наружной поверхности и наружной фаски производится поперечными суппортами, а сверление — продольным суппортом; на позиции 2 производится сверление, подрезание

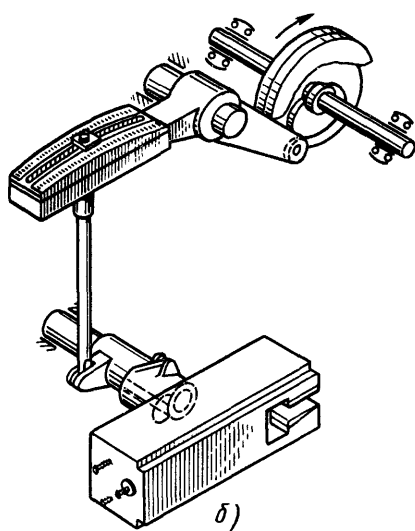
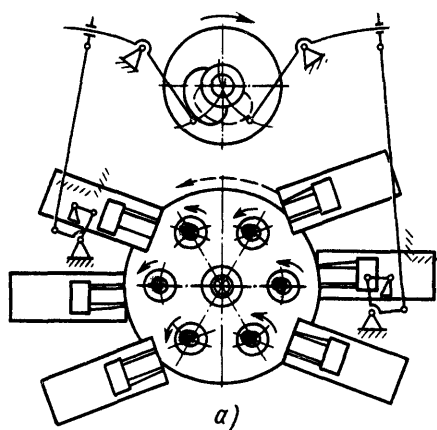


Рис. 17.10. Схема работы многошпиндельного автомата:

а — расположение суппортов, б — схема привода

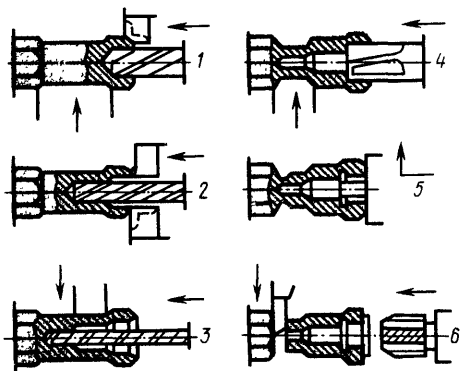


Рис. 17.11. Схема наладки шестিশпиндельного автомата

торца и растачивание внутренней фаски; на позиции 3 — доосверливание отверстия и обтачивание наружной поверхности; на позиции 4 — зенкерование отверстия и обтачивание наружной поверхности; на позиции 5 — растачивание канавки; на позиции 6 — нарезание внутренней резьбы и отрезка готовой детали. Наружные поверхности могут обрабатываться режущими инструментами, установленными на продольных и на поперечных суппортах. Нарезание резьб выполняется изменением частоты вращения плашки или метчика, которые вращаются в том же направлении, что и заготовка. При вращении инструмента с частотой вращения большей, чем частота вращения заготовки, происходит нарезание резьбы. По окончании нарезания резьбы частота вращения инструмента становится меньше, чем частота вращения заготовки, происходит свинчивание инструмента. Использование инструментальных шпинделей позволяет устанавливать нужную скорость резания в зависимости от диаметра сверла, развертки и другого инструмента, отличную от скорости вращения заготовки.

Технологический процесс разрабатывается таким образом, чтобы время обработки на всех позициях было по возможности одинаковым. Машинное время цикла равно времени наиболее продолжительной обработки на одной из позиций.

В патронном исполнении при обработке штучных заготовок (штамповок, отливок и т. п.) по приведенному выше автоматическому циклу многшпиндельный автомат может работать как полуавтомат.

В этом случае после окончания обработки станок останавливают и производят вручную замену готовой детали заготовкой.

## 17.5. Токарно-затыловочные станки

Токарно-затыловочные станки предназначены для затылования фрез (червячных, дисковых, фасонных) и других инструментов с помощью резца или шлифовального круга. Кроме того, на этих станках можно нарезать метрическую, дюймовую и модульную резьбы. Конструктивно токарно-затыловочный станок аналогичен токарно-винторезному.

Каждый зуб фрезы представляет собой резец, который имеет все параметры режущих кромок, характерные для токарных резцов. Кроме того, у фасонных фрез каждый зуб может иметь определенную форму профиля, которая должна сохраниться при переточках. В этом случае зубья фасонных фрез затачивают, как и фасонные резцы, по передней поверхности, а чтобы сохранить профиль зубьев и требующие задние углы при переточках, производят затылование зубьев. Затылование производится резцом, который при равномерном вращении фрезы в центрах станка равномерно перемещается в радиальном направлении, начиная от вершины зуба фрезы, по заданной поверхности, образуя нужный профиль.

Зная задний угол  $\alpha$ , диаметр  $D$  и число  $z$  зубьев фрезы, можно определить величину затылования  $K$ , т. е. радиальное перемещение резца (рис. 17.12, а, б):  $K = (\pi D / z) \operatorname{tg} \alpha$ . В качестве кривой затылования принята архимедова спираль. Для затылования фрезы необходимо, чтобы ре-

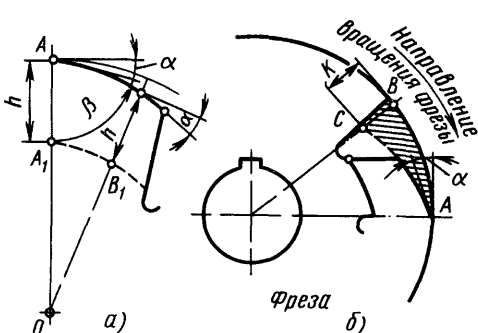


Рис. 17.12. Схема затылования фрезы

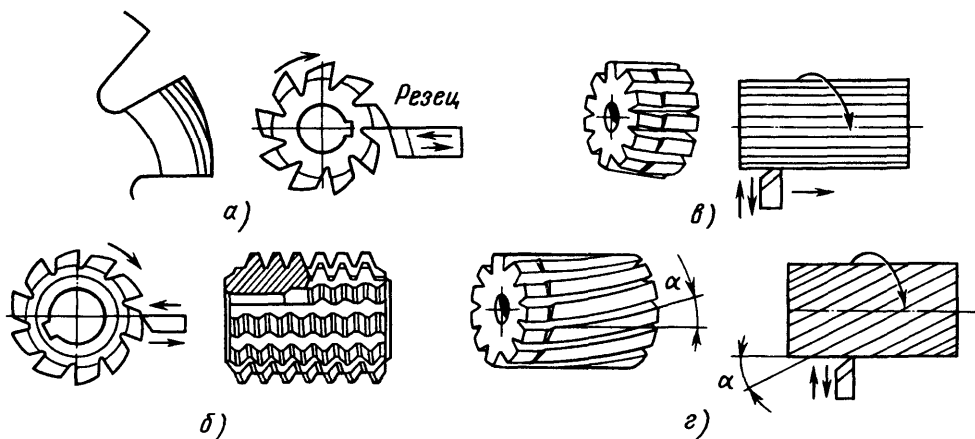


Рис. 17.13. Основные методы затылования:

*a* — снятие припуска, *б* — затылование червячной фрезы, *в* и *г* — затылование цилиндрической фрезы с прямыми и винтовыми зубьями соответственно

зец (рис. 17.13, *a—г*) за один оборот шпинделя станка совершил столько же двойных ходов, сколько зубьев у фрезы. После каждого полного оборота шпинделя, а следовательно, и обрабатываемой фрезы производится подача суппорта с резцом в направлении фрезы.

Затылование зубьев фрезы обеспечивается специальным механизмом, соединенным с поперечными салазками суппорта (рис. 17.14). Изменение хода затылования от 0 до 18 мм регулируется изменением положения камня 5 с опорой 4 относительно оси 3 качания рычага 2. Перемещение камня 5, связанного с поперечными салазками суппорта 6, производится винтом 7. При перемещении камня 5 вправо увеличиваются плечо рычага 2 и ход за-

тылования суппорта с инструментом, и наоборот. При этом амплитуда качания рычага 2 от кулачка 1 остается постоянной, но профиль кулачка обеспечивает плавную подачу резца при резании и быстрый его отвод в конце хода.

После установки фрезы в центрах станка резец закрепляют в резцедержателе. Затылование может выполняться также комплектом из двух-трех резцов. При этом один из них имеет режущую кромку параллельную оси шпинделя. Этим резцом обрабатывают верхнюю затылованную часть фрезы. Установку режущей кромки этого резца выполняют по контрольной оправке. Чтобы проверить правильность установки резца, нужно на обработанные места двух соседних зубьев наложить ленточную линейку. Если между обработанной поверхностью зубьев и линейкой не будет зазора, то резец установлен правильно. Другой резец имеет две главные режущие кромки, у которых угол при вершине равен углу впадины обрабатываемой фрезы. Установку такого резца производят по шаблону. Тыльную сторону шаблона следует прижать к контрольной оправке, установленной в центрах станка. При этом рабочая сторона шаблона должна плотно прилегать к двум главным режущим кромкам резца. После пробной обработки боковой поверхности зуба фрезы проверяют обработанный профиль зуба шаблоном, принимая за базу наружную затылованную поверхность зуба. После

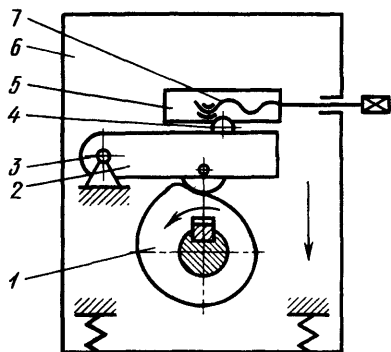


Рис. 17.14. Схема механизма для изменения хода затылования

окончания обработки одной боковой поверхности зуба, не изменяя положения резца, подводят его к противоположной стороне соседнего зуба и производят окончательную обработку впадины фрезы. Если необходимо установить другой боковой резец, то применяют тот же способ установки, что и для первого бокового резца.

Для шлифования зубьев червячных и других фрез на станке вместо резцедержателя устанавливают шлифовальное устройство. Шлифовальный круг правится специальным устройством по форме шлифуемых зубьев. Затем круг устанавливают на угол винтовой линии и подводят к обра-

батываемой поверхности фрезы. Последовательность обработки и измерения зубьев фрезы в процессе шлифования та же, как и при обработке резцами.

### Контрольные вопросы

1. Что дает автоматизация и механизация станков?
2. Какими средствами можно автоматизировать станок?
3. Перечислите токарные станки, специализированные на изготовление определенных деталей, автоматы и полуавтоматы. Как они работают?

## 18. Основы программного управления станками

### 18.1. Общие сведения о системах программного управления

Повышение производительности и качества работ на токарных станках связано с механизацией и автоматизацией цикла обработки. Ц и к л о м о б р а б о т к и называют совокупность перемещения рабочих органов, повторяющихся при обработке каждой заготовки. Простейшим примером автоматизации цикла является использование кулачка 3 и конечного выключателя 4, которые размыкают цепь электродвигателя 1 и останавливают перемещение суппорта 2 (рис. 18.1).

Комплекс перемещений рабочих органов в цикле работы станка осуществляется в определенной последовательности, т. е. по программе. У п р а в л я ю щ а я п р о г р а м м а — это совокупность команд, соответствующая заданному алгоритму функционирования станка по обработке конкретной заготовки. А л г о р и т м называют способ достижения цели (решение задачи) с однозначным описанием процедуры его выполнения. Программа работы исполнительных органов станка задается с помощью программносителя. П р о г р а м м о н о с и т е л ь — это носитель данных, на которых записана управляющая программа. В качестве программносителя используют перфоленту, маг-

нитную ленту, магнитный диск. На программносителе может быть представлена геометрическая и технологическая информация.

Технологическая информация содержит данные о последовательности ввода в работу различных инструментов, об изменении режима резания и включении смазочно-охлаждающей жидкости и т. д. Геометрическая информация характеризует форму и размеры элементов детали и инструмента и их взаимное положение в пространстве.

При ручном управлении станком программу обработки задает рабочий после изучения чертежа детали. Он определяет порядок переходов при обработке различных поверхностей, число рабочих ходов, необходимый инструмент в его смену, режим резания и т. д.

В программном управлении станками широко применяют системы, которые зна-

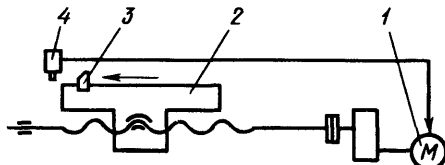


Рис. 18.1. Схема автоматизированного цикла:

1 — электродвигатель, 2 — суппорт, 3 — кулачок, 4 — конечный выключатель

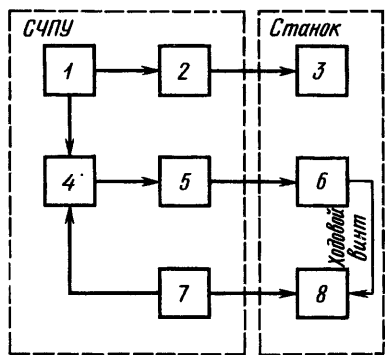


Рис. 18.2. Обобщенная структурная схема СЧПУ

чительно сокращают время переналадки станка, обеспечивают высокую точность и стабильность обработки. Программное управление станком — это автоматическое управление его работой по программе, заданной в виде чисел или символов, определяющих величины и характер перемещений его исполнительных органов.

В программном управлении наиболее распространены системы числового программного управления (СЧПУ), основанные на использовании чисел для задания программы перемещения исполнительных органов станка в процессе обработки. Функции, выполняемые СЧПУ, можно разделить на основные и дополнительные. Основной функцией СЧПУ является управление приводами подач станков в соответствии с заданной программой. Дополнительные функции предусматривают изменение частоты вращения шпинделя, вида инструмента и т. д.

Обобщенная структурная схема СЧПУ представлена на рис. 18.2. Устройство 1 ввода программы считывает программу, т. е. преобразовывает ее в электрические сигналы и направляет в устройство 4 отработки программы, которое через устройство 5 управления приводом воздействует на объект регулирования — привод 6 подач. Перемещение подвижной части станка, связанной с приводом 6 подач, контролирует датчик 8, включенный в цепь главной обратной связи. Информация с датчика 8 через устройство 7 обратной связи поступает в устройство 4 отработки программы, где происходит сравнение фактического перемещения с заданным по программе для внесения

соответствующих коррективов в произведенные перемещения. Для исполнения дополнительных функций с устройства 1 ввода программы электрические сигналы поступают в устройство 2 технологических команд, которое воздействует на исполнительные элементы 3 технологических команд (двигатели, электромагниты, электромагнитные муфты и др.); при этом исполнительные элементы включаются или выключаются.

Станки с ЧПУ быстро переналаживаются без смены или перестановки механических элементов. Достаточно изменить вводимую в станок информацию и он начнет работать по другой программе, т. е. обрабатывать другую заготовку (деталь). Это определяет высокую универсальность станков с ЧПУ. Применение станков с ЧПУ удобно в тех случаях, когда требуется быстрый переход на изготовление другой детали, обработка которой на обычных станках требует использования специальной оснастки.

На станках с ЧПУ точность размеров и формы обрабатываемой детали, а также требуемая шероховатость поверхности обеспечиваются жесткостью и точностью станка, дискретностью и стабильностью позиционирования и ввода коррекции, а также качеством СЧПУ.

Автоматическая (по программе) обработка на станках с ЧПУ обеспечивает стабильность качества и идентичность изготовленных деталей всей партии, так как при этом исключаются негативные факторы, имеющие место при ручном управлении (усталость рабочего, отвлечение его внимания внешними воздействиями, отрицательные и положительные эмоции, погрешности отсчета текущего размера при обработке, временное нарушение координации движения рук и др.), а также исключает погрешности в работе, связанные с обеспечением точности размеров при переходе от одной обрабатываемой поверхности к другой на станках с ручным управлением.

Применение станков с ЧПУ позволяет создавать новые прогрессивные формы организации производства с использованием вычислительной техники и значительно сократить сроки освоения выпуска новых изделий. При использовании станков

с ЧПУ появляется возможность централизованной подготовки программ с применением современных средств вычислительной техники, обеспечивается возможность дистанционного управления станками и одновременного управления несколькими станками.

## 18.2. Классификация СЧПУ

Системы ЧПУ могут быть разомкнутыми, замкнутыми и самонастраивающимися (адаптивными); по виду управления движением — позиционными, прямоугольными, непрерывными (контурными). В разомкнутых СЧПУ (рис. 18.3, а) используют один поток информации. Программа 1 проходит через считывающее устройство 2, в результате чего на выходе последнего появляются командные сигналы, которые после преобразования в звене 3 направляются к механизму 4, осуществляющему перемещение исполнительных органов станка (например, суппортов). Соответствие действительного перемещения заданному не проверяется.

В замкнутых СЧПУ (рис. 18.3, б) используют два потока информации, т. е. имеется обратная связь. Один поток поступает от считывающего устройства 2, а второй — от устройства 7, измеряющего действительные перемещения суппортов, кареток или других исполнительных органов станка. Программа 1, проходя через считывающее устройство 2, вызывает сигналы, которые поступают сначала в звено 3, а затем после преобразования — в систему А. Последняя состоит из сравнивающего устройства 4, в которое поступают задающие сигналы от звена 3 (направляющиеся через усилитель 5 к исполнительному двигателю 6) и сигналы от датчика 7 о действительных перемещениях исполнительных органов станка. В сравнивающем устройстве 4 поступающие сигналы сравниваются, и в случае их расхождения появляется сигнал, который направляется через звено 5 к исполнительному двигателю 6. В результате этого исполнительные органы станка перемещаются до тех пор, пока действительное значение перемещения не будет соответствовать заданному, после

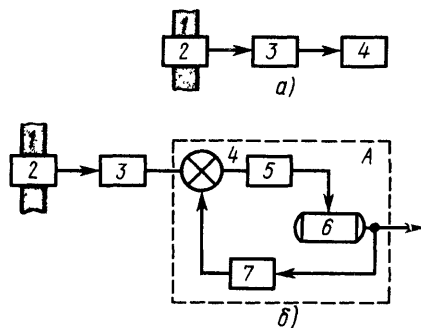


Рис. 18.3. Схема действия разомкнутой (а) и замкнутой (б) СЧПУ

чего сигналы на выходе сравнивающего устройства 4 исчезнут.

В самонастраивающихся системах в информацию, поступающую от считывающего устройства, вносятся дополнительные изменения с учетом поступающего из блока памяти информации о результатах обработки предыдущей заготовки. Это позволяет повысить точность обработки, так как изменения условий работы запоминаются и обобщаются в устройствах самонастройки памяти станка, а затем преобразуются в управляющий сигнал.

Система адаптивного управления отличается от обычной СЧПУ автоматической приспособляемостью процесса обработки заготовки к изменяющимся условиям обработки (по определенным критериям) в целях лучшего использования возможностей станка и инструмента. Станки с обычной СЧПУ (в отличие от станков с системой адаптивного управления) обрабатывают программу без учета действия случайных факторов, например припуска, твердости обрабатываемого материала и состояния режущих кромок инструмента.

В зависимости от поставленной задачи и методов ее решения системы адаптивного управления разделяют на системы регулирования какого-либо параметра (например, скорости резания и т. д.) и системы, обеспечивающие поддержание наибольшего значения одного или нескольких параметров.

Представленная на рис. 18.4 система адаптивного управления токарным станком может быть использована для повы-



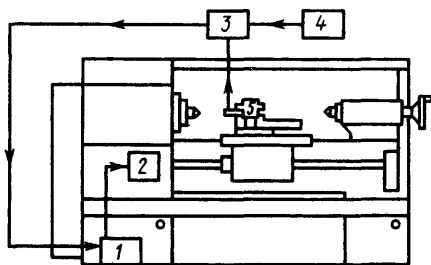


Рис. 18.4. Токарный станок с системой адаптивного управления:

1 — электромагнитный усилитель, 2 — электродвигатель, 3 — сравнивающее устройство, 4 — задающее устройство, 5 — резец с датчиком

нения точности обработки. Благодаря регулированию поддерживается постоянное усилие резания, что обеспечивает необходимую точность обработки заготовок с переменным припуском.

Позиционные СЧПУ обеспечивают точную установку исполнительного механизма в заданное положение. В процессе обработки исполнительный орган в определенной последовательности обходит заданные координаты по осям  $X$  и  $Y$  (рис. 18.5, а). В этом случае сначала выполняется установка (позиционирование) исполнительного органа в точке с заданными координатами, а затем — обработка. Разновидностью позиционных СЧПУ являются прямоугольные СЧПУ, в которых программируются не точки, а отдельные отрезки, но при этом продольная и поперечная подачи разделены во времени.

Прямоугольные СЧПУ (рис. 18.5, б) обеспечивают последовательное включение продольной или поперечной подачи;

очной подачи; при этом происходит обработка поверхности ступенчатой формы. Такие СЧПУ используют в токарных, карусельных, револьверных, фрезерных и других станках. Обработка ступенчатых валов и других деталей с прямоугольными контурами производится только по траекториям, параллельным направлению перемещений рабочих органов.

Контурные СЧПУ (рис. 18.5, в) обеспечивают непрерывное управление рабочими органами в соответствии с заданными законами изменения их пути и скорости перемещения для получения необходимого контура обработки. При контурной обработке инструмент движется относительно заготовки по криволинейной траектории, которая получается в результате сложения движений по двум (плоская криволинейная траектория) или трем (пространственная криволинейная траектория) прямолинейным координатам. Такие СЧПУ используют в токарных и фрезерных станках, при изготовлении деталей с фасонными поверхностями. Подача  $S$  инструмента в каждый момент обработки складывается из поперечной  $S_{\text{поп}}$  и продольной  $S_{\text{пр}}$  подач. Таким образом, перемещения инструмента по различным координатным осям функционально связаны друг с другом.

### 18.3. Сведения об основных кодах

По виду информации системы программного управления делят на числовые и нечисловые. В числовых системах перемещения исполнительных органов или координаты точек обрабатываемой повер-

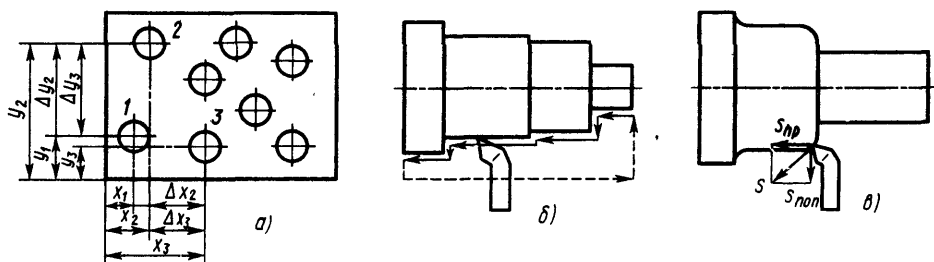


Рис. 18.5. Виды обработки при использовании позиционных (а), прямоугольных (б) и контурных (в) СЧПУ:

1, 2, 3 — номера обрабатываемых отверстий;  $x_1, x_2, x_3$  и  $y_1, y_2, y_3$  — координаты отверстий по осям  $X$  и  $Y$ ;  $\Delta x_2, \Delta x_3, \Delta y_2, \Delta y_3$  — приращения координат;  $S_{\text{пр}}$  и  $S_{\text{поп}}$  — продольная и поперечная подачи

ности относительно начальной системы координат задаются с помощью чисел. В числовых системах, работающих по методу переключений, каждому перемещению исполнительного органа соответствует определенное состояние электрической схемы станка, а информация о требуемых перемещениях рабочих органов задается предварительным набором с помощью упоров, шаблонов, копиров, кулачков и т. д.

Информация для СЧПУ может задаваться в различных кодах. Код — это условное обозначение цифр, чисел и букв, необходимых для составления программы, нанесение ее на программоноситель и прочтения СЧПУ. Существуют понятия «цифра» (0, 1, 2, ..., 9) и «число», которое является последовательностью цифр с учетом их разрядности.

Совокупность приемов, наименования и записи чисел называют с ч и с л е н и е м. В качестве основания для построения системы счисления можно использовать любое целое число  $B \geq 1$ , т. е.  $Z = Z_1 B^{n-1} + Z_2 B^{n-2} + Z_k B^{n-3} + \dots + Z_p B^{n-n}$ , где  $Z$  — кодируемое число;  $Z_1, Z_2, Z_k, \dots, Z_p$  — цифры, из которых составлено число;  $n$  — разряд цифры;  $B > 1$  — основание счисления.

В СЧПУ применяют и е д и н и ч н ы й код, называемый также унитарным. В этом коде число выражается количеством 1. Например, числа 1, 2, 3, ..., 9, 10 записываются в унитарном коде следующим образом; 1; 11; ...; 11111111; 1111111111.

В десятичной системе счисления число представляется как сумма произведений цифр (0, 1, 2, ..., 9) на  $10^n$ ,

где  $n$  — разряд этой цифры. В этой системе основание  $B=10$ . Например, число 1265,4 записывается следующим образом:  $1265,4 = 1 \cdot 10^3 + 2 \cdot 10^2 + 6 \cdot 10^1 + 5 \cdot 10^0 + 4 \cdot 10^{-1}$ . Этот вид записи, имея наибольшую наглядность при записи чисел на бумаге, вызывает наибольшие трудности при реализации его в схемах вычислительной техники. Читающее устройство не может в одной строке различать десять возможных цифр, поэтому каждый разряд цифр должен иметь десять строк с разделением от 0 до 9, т. е. для пятиразрядного числа нужно пятьдесят строк.

В двоичной системе счисления основание  $B=2$ . При этом цифры (0, 1, 2, ..., 9) изображаются как четырехразрядные двоичные числа (табл. 18.1).

Для записи всех цифр от 0 до 9 при двоичной системе счисления требуется четыре дорожки, а не десять, как при десятичной системе. Однако при переходе к числам, которые имеют несколько десятичных разрядов, чтение их в двоичной системе практически невозможно, так как необходимо делать довольно длительные вычисления. Например, число 8943,95 в двоичном коде будет иметь следующий вид:  $8943,95 = 1000\ 1001\ 0100\ 0011\ 1001\ 0101$  (см. табл. 18.1).

Двоичная система счисления для изображения чисел в управляющей программе использовалась при реализации в схемах и на перфоленте. Поскольку в этой системе для изображения любых чисел используются всего две цифры 0 и 1, то при построении блоков вычислительной техники можно использовать элементы, имеющие два устойчивых состояния (на-

18.1. Запись числа в двоичной системе

Цифры	B=2				Как образуется число
	2 <sup>3</sup>	2 <sup>2</sup>	2 <sup>1</sup>	2 <sup>0</sup>	
0	0	0	0	0	$0 \cdot 8 + 0 \cdot 4 + 0 \cdot 2 + 0 \cdot 1 = 0$
1	0	0	0	1	$0 \cdot 8 + 0 \cdot 4 + 0 \cdot 2 + 1 \cdot 1 = 1$
2	0	0	1	0	$0 \cdot 8 + 0 \cdot 4 + 1 \cdot 2 + 0 \cdot 1 = 2$
3	0	0	1	1	$0 \cdot 8 + 0 \cdot 4 + 1 \cdot 2 + 1 \cdot 1 = 3$
4	0	1	0	0	$0 \cdot 8 + 1 \cdot 4 + 0 \cdot 2 + 0 \cdot 1 = 4$
5	0	1	0	1	$0 \cdot 8 + 1 \cdot 4 + 0 \cdot 2 + 1 \cdot 1 = 5$
6	0	1	1	0	$0 \cdot 8 + 1 \cdot 4 + 1 \cdot 2 + 0 \cdot 1 = 6$
7	0	1	1	1	$0 \cdot 8 + 1 \cdot 4 + 1 \cdot 2 + 1 \cdot 1 = 7$
8	1	0	0	0	$1 \cdot 8 + 0 \cdot 4 + 0 \cdot 2 + 0 \cdot 1 = 8$
9	1	0	0	1	$1 \cdot 8 + 0 \cdot 4 + 0 \cdot 2 + 1 \cdot 1 = 9$

личные или отсутствие напряжения в цепи и т. д.).

Десятично-двоичная система счисления удобна при пользовании как десятичная и обладает преимуществами двоичной. Например, запись числа 7516 в десятично-двоичной системе имеет вид:  $7 = 0 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 0 + 4 + 2 + 1 = 0111$ ;  $5 = 0 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 0 + 4 + 0 + 1 = 0101$ ;  $1 = 0 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 0 + 0 + 0 + 1 = 0001$ ;  $6 = 0 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0 = 0 + 4 + 2 + 0 = 0110$ . Окончательная форма записи:  $7516 = 0111 / 0101 / 0001 / 0110$ .

Здесь сохраняются десятичные разряды (единицы, десятки, сотни и т. д.), но цифры в каждом из разрядов записываются в двоичном коде (см. табл. 18.1). Для записи любой из десяти цифр достаточно четырех знаков, а количество строк соответствует количеству разрядов числа, т. е. для пятиразрядного числа нужно пять строк.

#### 18.4. Программоносители

Запись программы для станков с ЧПУ осуществляется на программоносителях: перфолентах, перфокартах, магнитных лентах.

Перфокарты изготавливают из картона. Она имеет форму прямоугольника, один конец которого срезан для ориентации при установке карты в считывающее устройство. На перфокарте напечатаны 80 колонок цифр, в каждой колонке помещены цифры от 0 до 9. Программа записывается пробивкой отверстий на месте соответствующих цифр.

Перфоленту изготавливают из бумаги или непрозрачного материала на синтетической основе. Программа записывается пробивкой отверстий в ленте в определенных местах. Различают два типа перфолент — пятидорожковую (шириной 17,5 мм) и восьмидорожковую (шириной 25,4 мм). К достоинствам перфоленты относятся простота записи и обработки информации; возможность автоматизировать процесс записи; низкая стоимость; возможность многократного использования и др.

Магнитную ленту как носитель информации широко применяют в вы-

числительной технике. Запись на ленте производится аналогично звуковой записи. Магнитную ленту шириной 35 мм изготавливают из ацетилцеллюлозы, покрытой тонким слоем ферромагнитной эмульсии. Лента разделена по ширине на девять дорожек, на каждую из которых записывают информацию в соответствии с управляющей программой.

Главным достоинством магнитной ленты является возможность многократно воспроизводить, стирать и записывать вновь управляющие программы. К недостаткам относят влияние на магнитную ленту внешней среды (температуры, влажности, магнитных полей); довольно быстрое изнашивание магнитного слоя; абразивное воздействие магнитного слоя на элементы лентопротяжного механизма; необходимость специальной аппаратуры для записи программ на ленту; большой расход ленты.

#### 18.5. Запись управляющей информации

Различают два вида представления управляющей информации: кодированный и декодированный. Отнесение управляющей информации к тому или иному виду зависит от кода, используемого при программировании. Если программа записана в унитарном коде, то соответствующее представление информации называют декодированным. Запись программы в любом другом коде соответствует представлению управляющей информации в кодированном виде.

Информацию в декодированном виде записывают, как правило, на магнитную ленту, а в кодированном — на перфоленту или перфокарту. Магнитные ленты применяют в токарных станках с шаговыми двигателями, которым необходим декодированный вид программ.

Для преобразования информации, представленной в кодированном виде, в информацию декодированного вида используют кодопреобразующее устройство — интерполлятор, который преобразовывает вводимые в него от управляющей программы числа в определенное число импульсов, соответствующим образом распределенных по управляемым координатам. Каждый импульс, выходящий

за интерполяторы, воздействуя на привод соответствующей координаты, обеспечивает перемещение рабочего органа станка на величину одной дискреты (дискретность — это величина перемещения на один импульс, мм/имп, а частота импульсов определяет скорость перемещения рабочего органа). Интерполяторы подразделяют на линейные и линейно-круговые. Линейные интерполяторы обеспечивают прямолинейную траекторию перемещения исполнительного органа между опорными точками, а линейно-круговые — траекторию, состоящую из прямых отрезков и дуг окружности.

Отверстия в перфоленте (как правило, пяти- или восьмидорожковой), предназначенные для ее продвижения транспортным механизмом, называют транспортными; остальные отверстия в перфоленте — кодовые. Ряд отверстий, расположенный в направлении транспортирования перфоленты, называют кодовой дорожкой, а ряд отверстий, расположенный перпендикулярно направлению транспортирования перфоленты, — строкой. Шаг перфорации, или шаг строки, — это расстояние между осями рядом расположенных строк. Положение кодового отверстия в строке определяется расстоянием от центра транспортного отверстия до центра соответствующего кодового отверстия в строке.

Для пятидорожковой перфоленты наиболее распространен буквенно-цифровой код, который позволяет регистрировать на перфоленте цифры (0, 1, 2, ..., 9) и буквы (Н, Е, Д, Т, Ч, П, Ш, С, В, Я). Цифры используют для записи размерной информации, а буквы — для записи команд. Для удобства записи и чтения выбранные буквы являются начальными в названиях цифр: Н — ноль, Е — единица, Д — двойка, Т — тройка, Ч — четверка, П — пятерка, Ш — шестерка, С — семерка, В — восьмерка, Я — девятка, поскольку буква Д уже использована. Для записи команд используют тот же код, но при этом в пятой дорожке записывают символ «1» — признак буквы. Применение указанных символов для кодирования команд позволяет легко читать перфоленту.

При составлении программы каждая

буква соответствует определенной команде, которая начинается на эту букву: Е — первая; Д — вторая координата перемещения Y; Т — третья координата перемещения Z; координата перемещения X; П — подача, Ш — шпиндель (скорость), С — смена кадров, Н — конец кадра, В — вспомогательные команды и т. д.

Несколько строк перфоленты, описывающих работу одного исполнительного органа, составляют слово программы, т. е. последовательность символов, рассматриваемых в определенной связи как единое целое. Слово состоит из адреса, обозначенного буквой, и числа, обозначающего либо величину перемещения, либо скорость подачи, либо код какой-то другой функции. Например, слово Y+ +012345 означает следующее: перемещение суппорта станка в положительном направлении оси Y на величину 12345 дискрет (импульсов), что при дискретности 0,01 мм/имп означает перемещение на 123,45 мм. Адрес — часть слова управляющей программы, определяющая назначение следующих за ним данных, содержащихся в этом слове.

Несколько слов, описывающих обработку определенного участка заготовки, составляют фразу, которая содержит информацию о геометрических и технологических параметрах, необходимых для обработки определенного участка или для выполнения вспомогательных функций (начало программы, подвод инструмента и т. д.). Последовательность фраз в программе определяет последовательность обработки отдельных участков заготовки (детали).

Различают два способа записи программы: с фразами постоянной и переменной длины. Фразы постоянной длины называют кадрами. Кадр программы — последовательность слов, расположенных в определенном порядке и несущих информацию о технологической операции. При записи программы кадрами каждому слову отведено определенное число строк.

При записи фразами с переменной длиной используют три способа: адресный, табуляционный и универсальный. При адресном способе записи каждое слово начинается

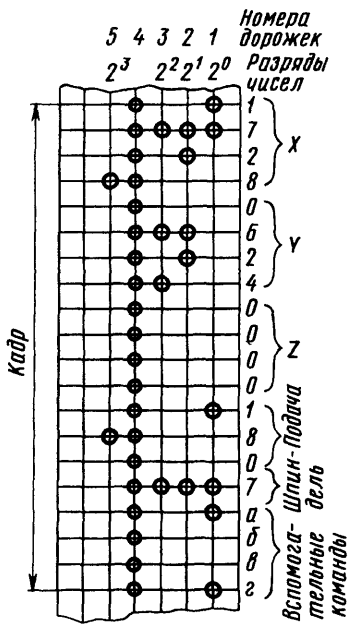


Рис. 18.6. Кадр программы

с буквы, которая указывает назначение последующей числовой информации. Длина фраз при этом оказывается переменной; одна фраза от другой отделяется буквой Н (знак окончания фразы). При табуляционном способе записи все слова фразы следуют друг за другом в определенной последовательности и разделяются буквой Я (знак табуляции, условно обозначаемый TAB). При у н и в е р с а л ь н о м способе используют отдельные элементы адресного и табуляционного способов.

На рис. 18.6 показан кадр программы, записанный на пятидорожковой ленте: первое слово сверху (перемещение по оси X) выражается числом 1728; второе слово (перемещение по оси Y) — числом 624; третье число (перемещение по оси Z) отсутствует; четвертое слово (скорость подачи) выражается числом 180; пятое слово (седьмая ступень частоты вращения шпинделя) выражается числом 7; шестое слово, состоящее из четырех вспомогательных команд (a, б, в, г), говорит о том, что заданы команды a и г.

При записи на восьмидорожковую перфоленту (рис. 18.7) число информационных разрядов кода равно 7; восьмую дорожку используют для обнаружения единичных ошибок. Кодовые дорожки нумеруют последовательно (1, 2, ..., 8), начиная с базовой кромки. Базовая кромка — край перфоленты, от которой начинается нумерация кодовых дорожек; между ведущей дорожкой и базовой кромкой расположены три кодовые дорожки. Для представления информации на перфоленте используют 7-битный код. Бит (отверстие) — единица информации на перфоленте.

Каждая строка содержит одну кодовую комбинацию с соответствующим знаком четности. Для обнаружения ошибок информации к каждой кодовой комбинации добавляется восьмой бит, выбор значения которого произведен таким образом, чтобы число «единиц» в одной строке было четное. Проверочный элемент располагается на восьмой дорожке после наибольшего значащего разряда. Направление движения перфоленты противоположно направлению, в котором перфорируются и считываются кодовые комбинации.

## 18.6. Подготовка и кодирование управляющих программ

Одной из важнейших задач при эксплуатации станков с ЧПУ является подготовка и кодирование управляющих программ (УП). Подготовка УП (например, на станке с системой ЧПУ модели H22-1M) в общем случае означает подготовку и нанесение на программноноситель команд, которые необходимы для обработки и могут быть автоматически прочитаны и выполнены системой ЧПУ и самим стан-

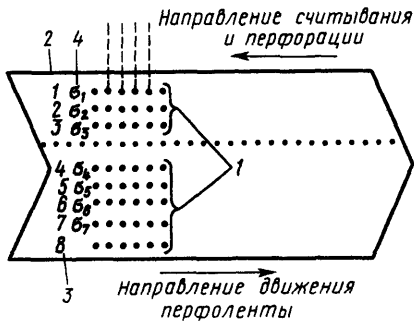


Рис. 18.7. Восьмидорожковая перфолента:

1 — кодовые дорожки, 2 — кромка базовая, 3 — номер кодовой дорожки, 4 — порядковый номер бита в кодовой комбинации

Кодовая таблица		ISO 7-bit								
	№ бита (P-контрольный бит)	P	7	6	5	4	3	2	1	
	№ дорожки (T-синхронизирующая дорожка)	8	7	6	5	4	T	3	2	1
Значение	Символ	Сочетание отверстий								
Отсутствие отверстий	Пус							*		
Шаг назад	ВШ	●					●			
Табуляция	ГТ						●	●		●
Конец кадра. Смена строки	ПС						●			●
Возврат каретки	ВК	●					●	●		●
Интервал	Пробел	●	●				●			
Начало примечания	(		●				●			
Конец примечания	)	●	●				●			●
Начало программы, остановка перемотки	%	●	●				●			●
Главный кадр	:		●	●	●					
Пропуск кадра	/	●	●				●	●	●	●
Знак плюс	+		●				●	●	●	●
Знак минус	-		●				●	●	●	●
Цифра 0	0		●	●			●			
Цифра 1	1	●					●			●
Цифра 2	2	●		●	●				●	
Цифра 3	3		●	●			●			●
Цифра 4	4	●	●				●			●
Цифра 5	5		●	●	●					●
Цифра 6	6		●	●			●	●		●
Цифра 7	7	●					●			●
Цифра 8	8	●	●	●	●					
Цифра 9	9		●	●	●	●				●
Вращательное движение вокруг оси X	A						●			●
Вращательное движение вокруг оси Y	B	●					●			●
Вращательное движение вокруг оси Z	C	●	●				●			●
Вращательное движение вокруг любой оси	D		●	●			●			●
2-я подача и пр.	E	●	●				●	●		●
Подача, выдержка времени	F	●	●				●	●	●	●
Путевое условие	G	●	●				●	●	●	●
Вспомогательная функция	H						●	●		
Параметр интерполяции по оси X	I	●	●				●			●
Параметр интерполяции по оси Y	J	●	●				●			●
Параметр интерполяции по оси Z	K						●			●
Подпрограммы на перфоленте	L	●	●				●	●	●	●
Дополнительная функция	M						●	●		●
Номер кадра	N	●					●	●	●	●
Не используется	O	●	●				●	●	●	●
3-е перемещение, параллельное X	P		●	●	●		●			
Приращение глубины и прочее	Q	●	●				●			●
Ускоренный ход в направлении Z и пр.	R	●	●				●			●
Число оборотов шпинделя	S		●	●	●		●			●
Номер инструмента	T	●	●				●			●
2-е перемещение, параллельное X	U		●	●	●		●			●
2-е перемещение, параллельное Y	V		●	●	●		●			●
2-е перемещение, параллельное Z	W	●	●				●	●	●	●
Перемещение по X	X	●	●	●	●		●			●
Перемещение по Y	Y		●	●	●		●			●
Перемещение по Z	Z	●	●	●	●		●			●
Гашение	ЗБ	●	●	●	●	●	●	●	●	●

Рис. 18.8. Кодовая таблица

ком. В процессе программирования решающее значение имеет сбор и упорядочение информации перед тем, как она будет нанесена на программноноситель.

На рис. 18.8 приведена кодовая таблица символов, используемых при кодировании УП обработки на металлорежущих станках с ЧПУ 7-битным кодом на восьмидорожковой перфоленте.

УП составляют таким образом, чтобы

в кадре записывалась только та геометрическая, технологическая и вспомогательная информация, которая заменяется по отношению к предыдущему кадру. При неизменяемой геометрической, технологической и вспомогательной информации рекомендуется не записывать слова в кадре по соответствующим адресам, кроме символа табуляции (при универсальном способе записи УП).

## 18.2. Адреса для СЧПУ модели Н22-1М

Слово		Содержание	Использование
адрес	разрядность		
<i>N</i>	3	Номер кадра	Обязательно в начале кадра
<i>G</i>	2	Подготовительная функция	Вводится при изменении условий перемещения
<i>X</i>	6	Координаты конечной точки	Обязательно, если $X \neq 0$
<i>Z</i>			Обязательно, если $Z \neq 0$
<i>J</i>	6	Координаты центра круга относительно начальной точки дуги	Указываются знаки обязательно
<i>K</i>			Обязательно при $J \neq 0$ и при $K \neq 0$ . Обязательно указывается знак «+».
<i>D</i>	6	Шаг резьбы $D \leq 40$ мм	Только при G33 Обязательно указывается знак «+»
<i>F</i>	5	Величина подачи, мм/мин	Вводится при изменении подачи
<i>S</i>	3	Изменение частоты вращения шпинделя	Вводится при изменении частоты вращения шпинделя
<i>T</i>	3	Выбор инструмента	Вводится при смене инструмента
<i>L</i>	2	Выбор корректора инструмента	Используется при вводе и отмене коррекции инструмента
<i>M</i>	3	Вспомогательные команды	Обязательно
<i>FE<sub>2</sub></i>	2—3	Конец кадра	

Каждая УП начинается символом «Начало программы». Каждый кадр программы содержит слово, номер кадра, информационные слова и символ «Конец кадра». УП может содержать главу программы и главный кадр. Глава программы — определенное количество заданных в необходимой последовательности кадров, из которых первый является главным, характеризующим начальное состояние следующего за ним участка УП.

В главном кадре программируются подготовительные функции, размерная информация по всем координатам, подача, частота вращения шпинделя, инструмент и вспомогательные функции.

Адрес *I*, *J*, *K* используют только при круговой интерполяции. Адреса *F* и *S* вводятся только при изменении скорости подачи и частоты вращения шпинделя; подготовительную функцию *G* — при изменении условий перемещения; номер коррекции *L* — при смене инструмента; адрес *T* — при изменении номера инструмента; *X*, *Y* и *Z* — в зависимости от обрабатываемого контура. После адресов геометрической информации (*X*, *Y* и *Z*) обязательно указывают знак «+» или «-», а затем числовую информацию о величине перемещения.

Для СЧПУ модели Н22-1М порядок слов в кадре должен соответствовать адресам, приведенным в табл. 18.2. В одном кадре не могут указываться два одноименных адреса.

Подготовительная функция *G* определяет режим работы пульта ЧПУ, а функции *G01*, *G10*, *G11* — линейные перемещения, программируемые при обработке заготовок (по длине) нормальных (00001-99999 импульсов), длинных 000001 — 999999 импульсов) и коротких (0001 — 9999 импульсов). Цена импульсов по координате *X* составляет 0,01 мм, по координате *Z* — 0,005 мм. Величина конечной точки перемещения (*X* или *Z*; *X* и *Z*) выбирается в соответствии с указанными пределами обрабатываемых длин заготовок.

Незначащие нули и знаки «+» и «-» программируются обязательно. Функции *G01*, *G020*, *G21* определяют круговое перемещение по часовой стрелке, программируемое при обработке нормальных, длинных и коротких заготовок соответственно; функции *G03*, *G30*, *G31* — круговое перемещение против часовой стрелки, программируемое при обработке нормальных, длинных и коротких размеров соответственно. При обработке в нескольких кадрах размеров одного порядка (например,

нормальных) функции G01, G02 или G03 программируют в первом из этих кадров. Функции G17, G18 и G19 определяют выбор при круговой интерполяции плоскости обработки (соответственно XY, XZ и YZ); G25 — возврат в «0» станка; G26 — работу в приращениях; G27 — работу в абсолютной системе координат; G33 — нарезание резьбы; G40 — отмену коррекции инструмента; G58 — линейное смещение «—» детали. Функции G25, G33, G58 автоматически предполагают использование длинных размеров.

Скорость подачи  $F$  задается пятью

разрядами; старший разряд после адреса определяет признак диапазона подач. При программировании в старшем разряде: «1» — рабочая подача 1—1200 об/мин; «2» — рабочая подача 0,05—60 об/мин; «7» — скорость быстрого хода (быстрый ход программируется функцией  $F 700 000$ ). Остальные разряды обозначают подачу в мм/мин. Скорость быстрого хода по координате Z 4800 мм/мин и по координате X 2400 мм/мин.

Программирование величины подачи в диапазоне «2» необходимо производить согласно данным, приведенным ниже:

Программируемая подача, мм/мин . . . . .	1	2	3	4	5	6	..	11	1200
Действительная подача, мм/мин . . . . .	0,05	0,1	0,15	0,20	0,30	0,35	..	0,55	60

Максимальная программируемая рабочая подача, на которой допускается изменение направления движения без введения выдержки времени или промежуточного кадра, не должна превышать 300 мм/мин. Рекомендуется при расстояниях менее 20 мм программировать не быстрые ходы, а максимальную подачу из диапазона «1» подач. Нельзя программировать подряд ускоренные перемещения в противоположных направлениях (нужно ввести выдержку времени между кадрами или кадр с другой информацией).

Технологические команды S имеют три разряда: старший разряд после адреса принимает значение «0» или «1». При наличии «0» выполнение технологических команд начинается вместе с обработкой геометрической информации; при наличии «1» обработка следующего кадра начинается только после ответа об исполнении технологических команд.

Функция S — S000...S099 определяет выбор номера скорости без выдачи сигнала от станка о выполнении команды. При наличии на токарном станке автоматической коробки скоростей, обеспечивающей выбор девяти частот вращения шпинделя в диапазонах I, II и III, программирование смены скоростей осуществляется командами функции S (табл. 18.3). Переключение диапазонов частот вращения осуществляются вручную с помощью рукоятки, установленной на шпиндельной бабке станка. Включение частоты вращения шпинделя рекомендуется вводить отдельным кадром. Для включения частоты вращения шпинделя кадр должен содержать функцию S, функцию M03 или M04 для определения направления вращения шпинделя.

Функция T — T000...T099 определяет выбор номера инструмента без выдачи сигнала о выполнении команды, а T100...T199 — выбор номера инструмента

### 18.3. Программирование смены скоростей

Номер диапазона		Скорость								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
I	Номер функции Частота вращения	S11 12,5	S12 18	S13 25	S14 35,5	S15 50	S16 71	S17 100	S18 140	S19 200
II	Номер функции Частота вращения	S21 50	S22 71	S23 100	S24 140	S25 200	S26 280	S27 400	S28 500	S29 800
III	Номер функции Частота вращения	S41 125	S42 180	S43 250	S44 355	S45 500	S46 700	S47 1000	S48 1400	S49 2000



#### 18.4. Значения вспомогательных функций

№ п/п	Код	Содержание	Отменяет	Примечание
1	M00	Останов по программе	M03, M04	После отработки кадра При положении тумблера «Технолог», «Вкл.»
2	M01	Останов с подтверждением	M03, M04	
3	M02	Конец программы	M03, M04	
4	M03	Вращение шпинделя по часовой стрелке	M04, M05, M02	
5	M04	Вращение шпинделя против часовой стрелки	M03, M05, M02	
6	M05	Останов шпинделя	M03, M04	
7	M08	Включение охлаждения	M09	
8	M09	Отключение охлаждения	M08	

с обязательной выдачей сигнала от станка о выполнении команды. При смене инструмента необходимо соблюдать следующее условие: вершина всех инструментов должна располагаться (по оси  $Z$ ) от торца заготовки или патрона на расстоянии не менее 15 мм. При кодировании необходимо учитывать, что старший разряд имеет значения «0» и «1»; два остальных разряда предназначены для обозначения номера инструмента.

Функция  $M$  — M000...M099 определяет вспомогательные команды без выда-

чи сигнала от станка о выполнении команды, а M100...M199 — вспомогательные команды с обязательной выдачей сигнала от станка о выполнении команды. Значения вспомогательных функций приведено в табл. 18.4.

Для нарезания резьбы необходимо запрограммировать вспомогательную функцию G33, а затем по координате  $X$  программировать выбранное число импульсов на один оборот датчика резьбонарезания из приведенных ниже данных:

Шаг . . . . .	$0 < P \leq 2,5$	$2,5 < P \leq 5$	$5 < P \leq 10$	$10 \leq P \leq 20$
Число импульсов . . .	$X + 000256$	$X + 000512$	$X + 001024$	$X + 002048$

Это число должно быть больше необходимого шага резьбы. При нарезании резьбы необходимо указать направление вращения шпинделя.

Коррекция инструмента позволяет компенсировать износ инструмента и разницу в его установки, т. е. разницу между рассчитанным и действительным положением инструмента. Коррекция инструмента — это линейное перемещение его по координатам  $X$  и  $Z$ , осуществляемое по команде с пульта ЧПУ, на величину, набираемую оператором на корректорах. Это перемещение лежит в пределах от —99,99 до +99,99 мм по оси  $Z$  и от —49,995 до +49,995 мм по оси  $X$ .

Таким образом, перемещения инструмента в процессе коррекции являются линейными и происходят в кадрах с линейными перемещениями. Для ввода коррекции инструмента необходимо запрограм-

мировать функцию  $L$ , разрешающую ввод коррекции и имеющую два разряда. Старший разряд обозначает возможность ввода коррекции. При программировании вводят коррекцию по оси  $X$ , коррекцию по оси  $Z$ ; коррекцию по осям  $X$  и  $Z$  одновременно. Младший разряд предназначен для выбора номера корректора.

В систему ЧПУ с декадных переключателей вводятся величина и знак коррекции по одной или по обеим координатам, а также подача для отработки этого перемещения.

Программирование коррекции инструмента можно осуществлять как в отдельном кадре, так и в кадре, содержащем перемещение.

При отмене коррекции величина, набранная на декадных переключателях, обрабатывается с противоположным знаком. Отмена коррекции происходит по функции

G40. Кроме этого, необходима информация о величине подачи  $F$ .

За «0» (нуль) станка принимают точку, в которой находится инструмент перед началом программы. Эту точку выбирает оператор при наладке с учетом удобства обработки заготовки и снятия детали; установки и замены инструмента; особенностей геометрической формы детали и наладки. Введение плавающего «0» возможно только в абсолютной системе координат. При этом в кадре программы обязательно наличие функции G58 (линейное смещение «0» детали). При наладке на деталь оператор определяет величину

перемещения режущего инструмента из нулевой точки станка в зону обработки и набирает эту величину на декадных переключателях смещения с противоположным знаком. Введение плавающего «0» программируется отдельным кадром, для чего в кадре необходимо иметь следующую информацию: функцию G27, определяющую абсолютную систему координат; G58 — смещение «0» и величину подачи  $F$  для отработки смещения.

Ниже приведена программа обработки резбового валика на станке 16K20Ф3С5 с системой ЧПУ модели H22-1M:

N001G27F10600M104S046T101	Номер кадра 1, ввод абсолютной системы координат, подача 600 мм/мин, включение вращения шпинделя против часовой стрелки, третий диапазон, 6 — скорость вращения шпинделя, первый инструмент
N002G58	Номер кадра 2, ввод сдвига «0»
N100X+00000Z+000000	Номер кадра 100, ввод координаты $X$ и $Z$ для введения сдвига «0».
N003G26S31	Номер кадра 3, относительная система координат, ввод коррекции по осям $X$ и $Z$ одновременно, номер корректора 1
.....	.....
N060G25Z+999999	Номер кадра 60, возврат «0» станка по оси $Z$
N061M002	Номер кадра 61, конец программы

За «0» станка принята точка на расстоянии 10 мм от обрабатываемой поверхности и 5 мм от торца заготовки.

## 18.7. Устройство ввода и считывания программы

Устройство ввода выполняет следующие функции: считывание нанесенной на программноноситель информации, декодирование команды, преобразование кодов вводимых чисел в электрические (пневматические и др.) сигналы и введение их в блок управления приводами станка.

Устройства ввода классифицируют по следующим признакам: по способу считывания — магнитные и бесконтактные; по принципу считывания — параллельное и последовательное действия; по использованию для считывания физического явления — фотоэлектрические, диэлектрические (емкостные), электромеханические, пневматические и другие по типу и характеристике программноноси-

теля — на бумажной ленте, киноленте и др., по быстрдействию — малой (до 100 строк/с), средней (100—1000 строк/с) и большой (свыше 1000 строк/с) скорости.

Считывание информации может выполняться в двух режимах движения ленты. При первом режиме лента непрерывно перемещается относительно считывающих элементов, считывание происходит во время движения, строки перфоленты считываются последовательно друг за другом. Такое считывание называют **последовательным**.

При втором режиме лента перемещается периодически, считывание осуществляется во время остановки ленты. Если одновременно считывается весь кадр, то считывание называют **параллельным**.

Магнитное считывающее устройство предназначено для преобразования информации, записанной на магнитной ленте в виде магнитных силовых линий определенного направления,

в электрические импульсы. Магнитное считывающее устройство состоит из двух основных частей: считывателя программы и лентопротяжного механизма. Считывают программу магнитные головки, которые воспроизводят записанную на ленте информацию. В рабочей головке (рис. 18.9, а), обращенной к ленте, между половинками сердечника имеется зазор 0,01—0,02 мм, заполненный немагнитным материалом. При перемещении магнитной ленты вдоль зазора головки магнитные линии ее участков будут замыкаться по сердечнику, возбуждая электродвижущую силу  $F$  в обмотке катушек.

Лентопротяжный механизм (рис. 18.9, б) предназначен для перемещения магнитной ленты относительно магнитных головок. Лента перемещается от ведущего вала 1 (двигателя постоянного тока), к которому ее прижимает прижимный ролик 2. Для уменьшения воздушного зазора лента прижимается к магнитным головкам 3 прижимной колодкой 4. В процессе считывания магнитная лента сматывается с левой катушки 5 и наматывается на правую катушку 6. Скорость перемещения ленты 0,2 м/с. В конструкции лентопротяжного механизма предусмотрена возможность обратной ускоренной перемотки магнитной ленты с катушки 6 на катушку 5.

Считывающими элементами при контактном считывании являются проволочные щетки (рис. 18.10, а), шарики (рис. 18.10, б), звездочки (рис. 18.10, в), подпружиненные штифты (рис. 18.10, г) и другие устройства. В состав контактного считывающего устройства (рис. 18.11) входят считыватель программы и лентопротяжный механизм. Считыватель программы предназначен для преобразования отверстий, пробитых на перфоленте, в электрические импульсы и состоит из контактной колодки 1 и головки 2 со щетками, между которыми перемещается восьмидорожковая перфолента 3. Контактная дорожка и головка выполнены из изоляционного материала. В колодке 1 запрессованы металлические пластины (контакты), а в головке — металлические пластины в виде щеток. Контакты колодки и щетки соединены с источником питания. При считывании информации щетки прижимаются к контактам колодки. Если

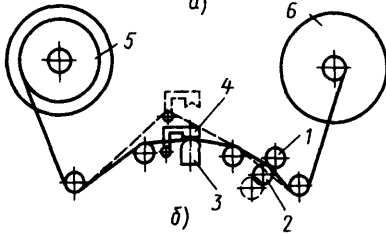
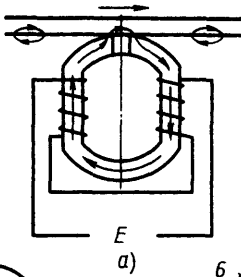


Рис. 18.9. Магнитное считывающее устройство:

а — считыватель перфоленты, б — лентопротяжный механизм

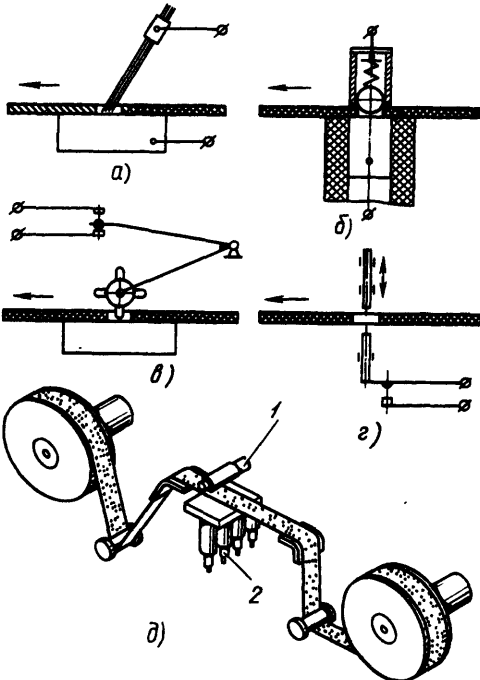


Рис. 18.10. Контактные (а, б, в, г) и бесконтактные (д) методы считывания с перфоленты:

1 — осветитель, 2 — фотодатчик

между щеткой и соответствующим контактом нет отверстия на перфоленте, то электрическая цепь остается разомкнутой, что будет соответствовать наличию «0». Если на дорожке перфоленты имеется отверстие, щетка замкнется с контактом колодки, что соответствует наличию «1». Скорость считывания программы с помощью контактных считывающих устройств составляет 10—30 строк/с.

Фотосчитывающее устройство (рис. 18.12) предназначено для преобразования отверстий, пробитых в перфоленте, в электрические сигналы. Оно состоит из фотосчитывателя и лентопротяжного механизма. Фотосчитыватель имеет осветительную лампу 1, фокусирующую линзу 2 и фотоэлектрические преобразователи 9. Перфолента 3 расположена на столе, в котором имеются сквозные отверстия. Под каждым отверстием стола размещены фотоэлектрические преобразователи.

Световой поток от лампы фокусируется линзой в узкую полоску, направленную на строку перфоленты. При наличии отверстия на одной или нескольких дорожках освещенной строки перфоленты световой поток, пройдя через них, осветит соответствующие преобразователи, на выходе которых появятся электрические сигналы, что будет соответствовать наличию «1». При отсутствии отверстий преобразователи не будут освещены и, следовательно, электрических сигналов не будет, что соответствует наличию «0». Скорость считывания с помощью фотосчитывающих устройств составляет 300—1500 строк/с.

### Контрольные вопросы

1. Что такое программное управление станками?
2. Какие функции выполняет СЧПУ?
3. По каким признакам можно классифицировать СЧПУ?
4. Что вы знаете о системах с контурным программным управлением?

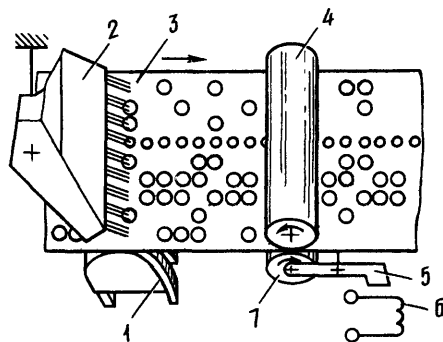


Рис. 18.11. Контактное считывающее устройство:

1 — контактная колодка, 2 — головка, 3 — перфолента, 4 — ведущий вал, 5 — рычаг, 6 — электромагнит протяжки, 7 — прижимный ролик

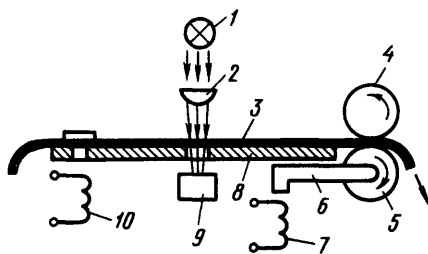


Рис. 18.12. Фотосчитывающее устройство:

1 — осветительная лампа, 2 — фокусирующая линза, 3 — перфолента, 4 — ведущий вал, 5 — прижимный вал, 6 — рычаг, 7 — электромагнит протяжки, 8 — диафрагма столика, 9 — фотоэлектрические преобразователи, 10 — электромагнит столика

5. Какие коды применяются в системах ЧПУ?
6. Какие вы знаете программносители?
7. Какие существуют виды записи управляющей информации?
8. Что такое кадр, фраза и слово управляющей программы?
9. Как различаются отверстия на перфоленте?
10. Как осуществляется подготовка и кодирование управляющей программы?

# 19. Токарные станки с ЧПУ

## 19.1. Классификация

Оснащенность станков системами ЧПУ (адаптивными, позиционными и контурными) отражена в их обозначениях, которые, сохраняя принцип цифрового обозначения моделей станков отечественного производства, дополняются в конце следующими буквенно-цифровыми знаками: Ф1 — для станков с цифровой индикацией и предварительным набором координат, Ф2 — для станков с системами ЧПУ позиционного типа; Ф3 — для станков с системами ЧПУ контурного типа, Ф4 — для станков с универсальными системами ЧПУ для позиционной и контурной обработки. Кроме того, к обозначению модели станка с ЧПУ могут прибавляться приставки С1, С2, С3, С4 и С5, что указывает на различные модели систем ЧПУ, применяемых в станках, а также на различные технологические возможности станков. Например, станок модели 16К20Ф3С1 оснащен системой ЧПУ «Контур 2ПТ-71», станок модели 16К20Ф3С4 — системой ЧПУ ЭМ907, станок модели

16К20Ф3С35 — системой ЧПУ Н22-1М, станок модели 16К20Ф3С32 — системой УЧПУ-2Р22.

Станки модификаций С4 и С5 имеют увеличенный диапазон и более высокий предел подач по сравнению со станками модификации С1. Следует отметить также, что технологические возможности станков модификаций С4 и С5 обеспечивают полуавтоматическую токарную обработку заготовок со ступенчатыми (цилиндрическими, конусными, фасонными) наружными и внутренними поверхностями различной сложности, а также нарезание резьбы. Модификация С32 обеспечивает те же возможности, что и С4 и С5. Отличие заключается в редактировании управляющей программы с пульта управления, поиска нужного кадра, набора управляющей программы и ее отработки, в расчете циклов обработки и выдачи управляющих воздействий.

## 19.2. Обозначение осей координат и направлений движений

В станках с ЧПУ обозначение осей координат и направлений движений рабочих органов связано с ориентацией обрабатываемой заготовки и инструмента. За основу при программировании операции обработки принято перемещение инструмента относительно системы координат неподвижной заготовки (рис. 19.1), оси которой параллельны прямолинейным перемещениям рабочих органов станка.

Обозначение осей координат и положительных направлений движений в токарных станках с ЧПУ показаны на рис. 19.2, а — г. Ось Z принимается параллельной оси шпинделя. Движение по оси Z в положительном направлении соответствует направлению отвода инструмента от заготовки. Ось X принимается параллельной поперечным направляющим. Положительное движение по оси X соответствует отводу инструмента, установленного на главном резцедержателе поперечных салазок, от оси вращения заготовки. Буквами A, B и C обозначают

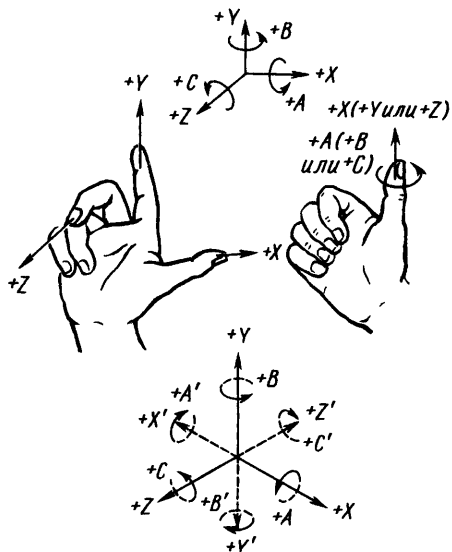


Рис. 19.1. Правая прямоугольная система координат:

X, Y, Z — оси координат, A, B, C — вращения относительно осей X, Y, Z соответственно

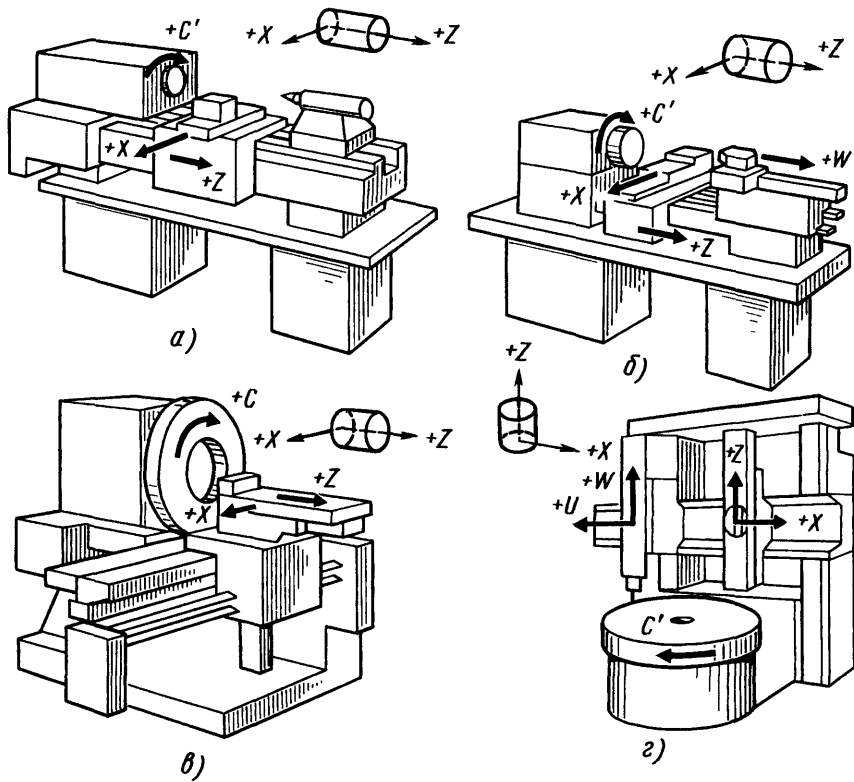


Рис. 19.2. Обозначение осей координат и положительных направлений движения в токарных станках с ЧПУ:

*а* — токарно-винторезного, *б* — токарно-револьверного, *в* — лоботокарного, *г* — токарно-карусельного

вращательные движения относительно осей  $X$ ,  $Y$  и  $Z$  соответственно и осей, параллельных им.

Положительные направления  $A$ ,  $B$  и  $C$  совпадают с направлением завинчивания винтов с правой резьбой в положительных направлениях осей  $X$ ,  $Y$  и  $Z$  соответственно. Вторичные движения, параллельные осям  $X$  и  $Z$ , обозначают соответственно  $U$  и  $W$ .

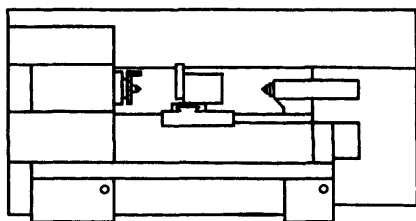
На схематических чертежах станков движения рабочих органов, несущих инструмент, обозначают буквами без штриха, а движение рабочих органов, несущих заготовку, — буквами со штрихом. При этом положительное направление движения, обозначенного буквой со штрихом, противоположно соответствующему направлению движения, обозначенному той же буквой без штриха (см. рис. 19.1).

### 19.3. Конструктивные особенности токарных станков с ЧПУ

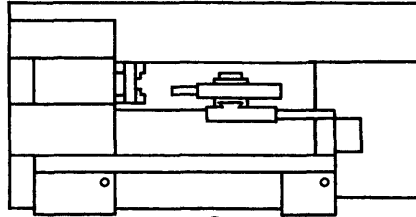
К металлорежущим станкам с ЧПУ по сравнению с универсальными предъявляют повышенные требования по надежности, быстродействию, жесткости и точности.

Станки с ЧПУ подразделяют по конструкции — на станки с горизонтальной и вертикальной осями шпинделя; по расположению направляющих — с горизонтальным, вертикальным и наклонным расположением; по способу закрепления заготовки — на центровые, патронные и патронно-центровые.

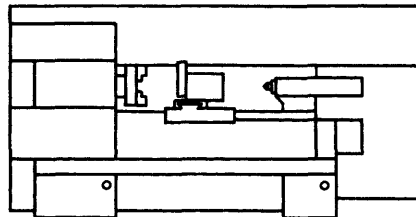
Центровые станки (рис. 19.3, *а*) имеют заднюю бабку, приспособление для зажима и предназначены в основном для обработки различных валов. Патронные станки (рис. 19.3, *б*) не



*a)*



*б)*



*в)*

Рис. 19.3. Конструктивные разновидности станков с ЧПУ:

*a* — центровой, *б* — патронный, *в* — патронно-центровой

имеют задней бабки и предназначены для обработки коротких заготовок (деталей), закрепленных в патроне. Патронно-центровые станки (рис. 19.3, *в*) оснащены зажимным патроном и задним центром.

На рис. 19.4 показаны основные части токарного станка с ЧПУ. Общими для таких станков частями и системами являются станина, главный привод, два привода подачи (продольный и поперечный), суппорты — верхний и продольный (каретка), поворотный резцедержатель, системы смазывания и охлаждения, устройство ЧПУ, электрооборудование, гидрооборудование, задняя бабка для центровых станков, приспособления для закрепления заготовки, вспомогательные устройства (люнеты, механизмы удаления стружки и т. п.).

Конструкция некоторых токарных станков с ЧПУ имеет наклонную станину, один или два суппорта, оснащенных одной или двумя револьверными головками, имеющими от 4 до 12 инструментов на каждой, в их число может входить и вращающийся инструмент.

Станина предназначена для монтажа основных частей и механизмов станка и может быть горизонтальной, вертикальной и наклонной (угол наклона  $60^\circ$ ), что определяется, в частности, видом на-

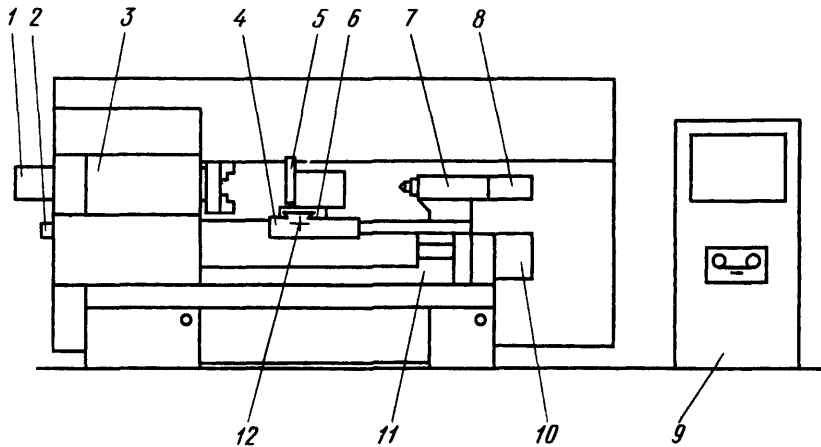
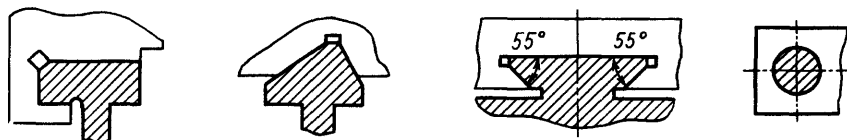


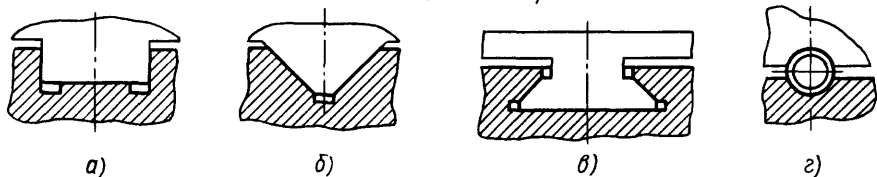
Рис. 19.4. Основные части токарного станка с ЧПУ:

*1* — устройство для закрепления заготовки в патроне и освобождения готовой детали, *2* — датчик резьбонарезания, *3* — привод главного движения, *4* — продольный суппорт (каретка), *5* — поворотный резцедержатель, *6* — верхний (поперечный) суппорт, *7* — задняя бабка, *8* — механизированный привод задней бабки, *9* — устройство ЧПУ, *10* — привод продольного перемещения каретки, *11* — станина, *12* — привод поперечного перемещения верхнего суппорта

Охватываемые



Охватывающие



а)

б)

в)

г)

Рис. 19.5. Направляющие скольжения:

а — прямоугольные, б — треугольные, в — типа «ласточкин хвост», г — цилиндрические

правляющих (горизонтальные, вертикальные или наклонные) и необходимостью установки и размещения на станине (и внутри нее) ряда основных частот и механизмов. На станине предусмотрены базовые поверхности, на которых устанавливают, например, шпиндель, суппорты, заднюю бабку, приводы подач. Станины изготавливают литыми и сварными.

Наиболее ответственной частью станины являются направляющие, которые обеспечивают прямолинейное перемещение частей станка и связанного с ними режущего инструмента. Точность станка определяется точностью изготовления направляющих (по профилю), отсутствием зазоров и жесткостью конструкции. В современных станках с ЧПУ в зависимости от их конструкции и назначения применяют направляющие скольжения, качения и комбинированные (скольжения и качения).

Направляющие скольжения (рис. 19.5) могут быть плоскими (прямоугольные, треугольные, призматической формы, типа «ласточкин хвост») и цилиндрическими. В станках часто используют комбинированные направляющие, когда левая и правая направляющие имеют различный профиль.

Направляющие, выполненные в виде планок, закрепленных винтами к чугунной станине или приваренных к стальной сварной станине, называют накладными.

Применяют направляющие скольжения со специальным

покрытием в виде пасты на основе эпоксидной смолы. Достоинством таких направляющих являются малый коэффициент трения (0,03), высокая износостойкость, повышенная размерная точность и т. д.

В направляющих качения (рис. 19.6, 19.7) используют тела качения — шарики или ролики. На рис. 19.8 показана конструкция роликовой направляющей в виде танкетки, применяемой в токарных станках в сочетании с термически обработанными стальными планками.

В некоторых станках корпусные детали (станину и основание) изготавливают из цементных бетонов, особенно полимербетона. Полимербетон представляет собой смесь различных по величине кусков горной породы и синтетических материалов, таких, как полиэстер. Использо-

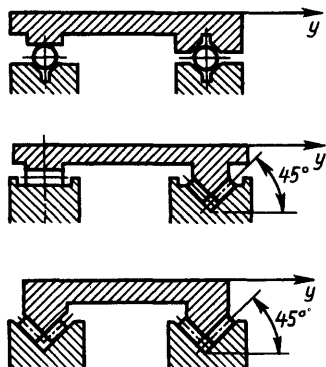


Рис. 19.6. Открытые направляющие качения



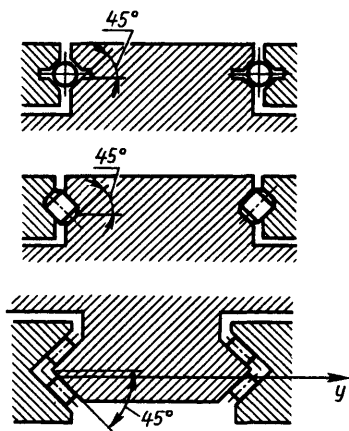


Рис. 19.7. Закрытые направляющие качения

вание таких материалов для изготовления станин и оснований улучшает статическую и динамическую жесткость, термическую стабильность, акустические свойства металлорежущих станков.

В бетонные основания и станины заливают направляющие, необходимые вставки для размещения установочных элементов, трубы для укладки кабелей и т. д.

Главный привод предназначен для вращения шпинделя с заготовкой (деталью). В большинстве случаев главный привод состоит из электродвигателя, ременной передачи и автоматической ко-

робки скоростей (АКС). На рис. 19.9 представлена кинематическая схема АКС. С помощью АКС производятся все операции управления главным приводом по программе, задаваемой устройством ЧПУ, — пуск, торможение, реверсирование, регулирование частоты вращения. АКС имеет шесть электромагнитных муфт, подключения которых в определенной последовательности позволяет получить девять частот вращения шпинделя.

В станках с ЧПУ применяют, как правило, отдельный главный привод (рис. 19.10). Коробка 3 скоростей отделена от шпиндельной бабки 5, в которой смонтирован шпиндель. Иногда кроме шпинделя бабка имеет одну-две передачи. В главном приводе могут быть применены асинхронный одноступенчатый электродвигатель 1 или электродвигатель постоянного тока с достаточно широким диапазоном регулирования частоты вращения.

Передача вращения от электродвигателя к коробке скоростей и от коробки скоростей к шпиндельной бабке осуществляется ременной передачей 2 или упругой муфтой 4.

Суппорты токарных станков с ЧПУ служат для установки и перемещения в заданном направлении резцедержателей с режущим инструментом. Суппорты могут иметь одно- или двухкоординатное перемещение и монтируются на

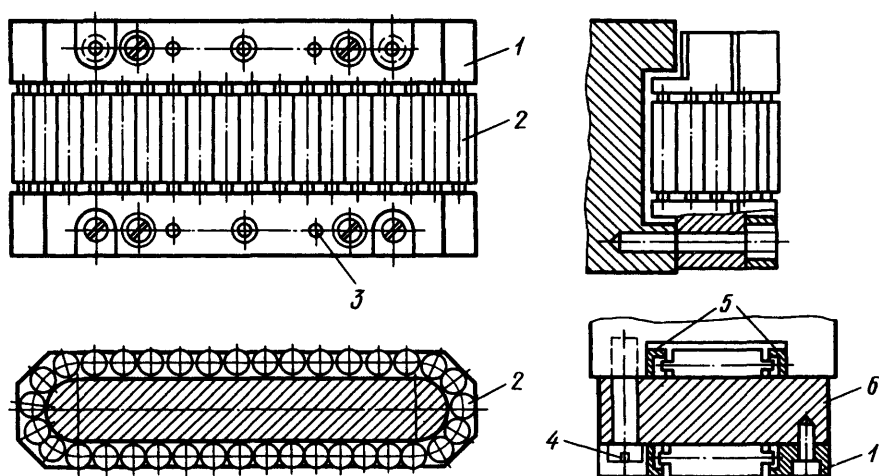


Рис. 19.8. Конструкция роликовой направляющей в виде танкетки:

1 — обойма, 2 — ролики, 3 — штифты, 4 — крепежные винты, 5 — сепараторы, 6 — направляющие

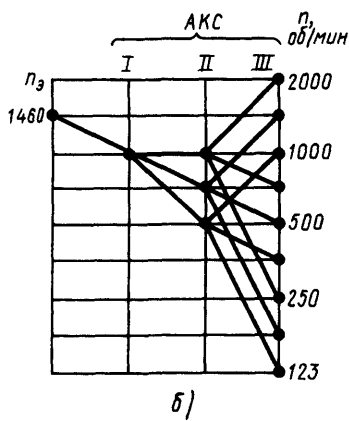
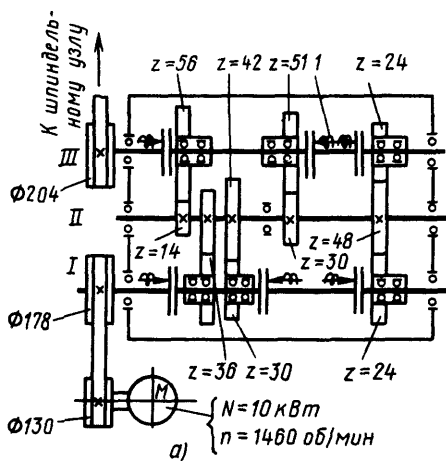


Рис. 19.9. Кинематическая схема автоматической коробки скоростей (а) и график частоты  $n$  вращения ее выходного вала (б):

I, II, III — валы АКС,  $n$  — частота вращения вала электродвигателя

направляющих. Конструкции суппортов разнообразны и зависят от типов станков.

Поворотные резцедержатели содержат от четырех до восьми инструментов с горизонтальной и вертикальной осями поворота. Освобождение, поворот, фиксация и зажим инструмента осуществляются автоматически по программе. Число инструментов, устанавливаемых в резцедержателе, зависит от сложности изготавливаемой детали и ее материала. Например, при точении труднообрабатываемых материалов число инструментов увеличивается, поскольку уменьшается их стойкость. Существуют резцедержатели (рис. 19.11), имеющие вращающийся инструмент. Вращающийся инструмент выполняет сверление, зенкерование, фрезерование, резбонарезание и развертывание. Для выполнения этих операций производится фиксация шпинделя с деталью в рабочей позиции; для точного позиционирования шпинделя используют следящий привод.

Для привода подач в станках с ЧПУ применяют шаговые электродвигатели, электродвигатели постоянного тока, электрогидравлические приводы, приводы с электромагнитными муфтами, шаговые электродвигатели с усилителями (рис. 19.12, а, б) и др.

В случае разомкнутой системы программного управления (рис. 19.13, а) пе-

ремещение рабочего органа должно быть строго дозировано на каждый импульс, для этого в станках с ЧПУ применяют шаговые электродвигатели. В станках с замкнутой системой программного управления, т. е. с использованием обратной связи (рис. 19.13, б, в), движение и остановку рабочего органа контролирует датчик исполнения и регулирования сопоставлением размеров обраба-

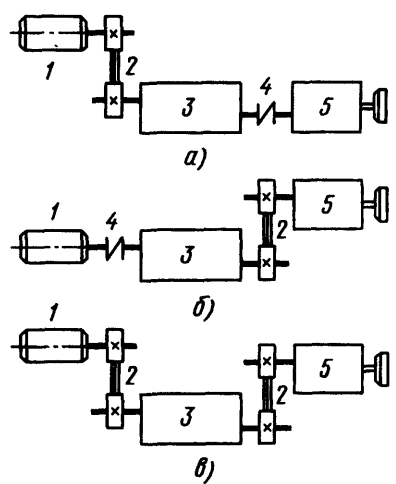


Рис. 19.10. Схемы построения отдельного главного привода токарных станков с ЧПУ:

а и б — передача движения ременной передачей и муфтой, в — передача движения только ременной передачей

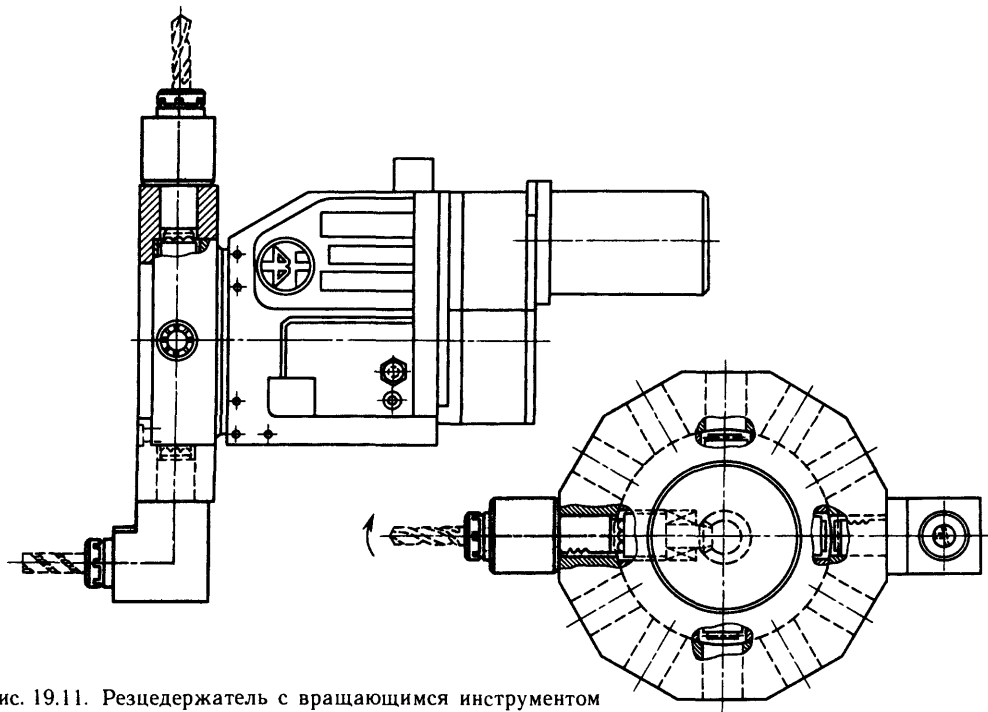


Рис. 19.11. Резцедержатель с вращающимся инструментом

тываемой детали, заданных по программе и полученных фактически. Основным достоинством применяемых в этих случаях приводов с электродвигателями постоянного тока является значительный диапазон плавного регулирования частоты вращения (до 1:1800).

На рис. 19.14 приведена схема трехстаторного шагового двигателя. Он состоит из ротора и статора и имеет расположенные вдоль оси три секции: 1, 2 и 3 (рис. 19.14, в). Полюсы ротора разделены на три секции: 1, 2 и 3, но каждая

из них смещена по окружности относительно рядом расположенной секции на  $S/3$ , где  $S$  — межполюсное расстояние (рис. 19.14, а, б). Если полюсы секции I ротора располагаются против полюсов статора, то полюсы секций II и III ротора смещены относительно полюсов статора соответственно на  $S/3$  и на  $2S/3$ . При подаче напряжения в секцию I ротор будет неподвижен, так как в этом положении он имеет минимальное магнитное сопротивление. При подаче напряжения в секцию II ротор повернется против часовой стрелки на  $S/3$  и полюсы этой секции встанут против полюсов статора. При подаче напряжения в секцию III ротор снова повернется против часовой стрелки на  $S/3$  и т. д. Последовательная подача импульсов на обмотки электромагнитов статора соответствующих секций вызывает прерывистое (шаговое) вращение ротора.

В приводах подач применяют гидравлические усилители, которые позволяют малые мощности шаговых электродвигателей увеличивать до значений, достаточных для перемещения рабочих органов станка. Гидравлический усилитель соединяется с ходовым винтом, пе-

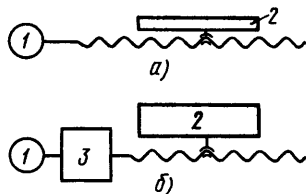


Рис. 19.12. Схема приводов подач:

а — с силовым шаговым электродвигателем, б — с шаговым электродвигателем и усилителем вращательного момента; 1 — шаговый электродвигатель, 2 — рабочий орган станка, 3 — гидромотор

ремещающим рабочий орган станка, через зубчатую передачу или непосредственно. Различают силовые гидроусилители с линейным перемещением и гидроусилители крутящих моментов.

В станках с ЧПУ применяют гидроусилители крутящих моментов. В качестве силового органа такого усилителя используют гидромотор 4 (рис. 19.15), выходной вал 5 которого соединен с исполнительным механизмом. Втулка 2 золотника жестко соединена с выходным валом 5, а пробка 1 — с входным валом 3. Масло от насоса через отверстия 6 и 10 попадает в золотник. При нейтральном положении пробки относительно втулки указанные отверстия перекрыты. Вращение вала гидромотора задается угловым положением пробки 1. При смещении пробки от нейтрального положения масло из золотника через отверстия 13 и 9 поступает в гидромотор, а по отводящей трассе через отверстия 7 и 8, 11 и 12 — на слив. Вместе с валом вращается по часовой стрелке и втулка 2. Вращение ее происходит до тех пор, пока она не окажется в нейтральном положении относительно пробки.

В качестве приводов подач в станках с ЧПУ применяют также тихоходные высокомоментные электродвигатели с возбуждением от посто-

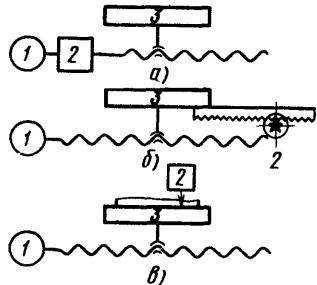


Рис. 19.13. Схема управления перемещением рабочего органа:

а — разомкнутая система, б и в — замкнутая система; 1 — двигатель, 2 — датчик исполнения и регулирования, 3 — рабочий орган станка

янных магнитов, соединяемых непосредственно с ходовыми винтами станков.

К приводам станков с ЧПУ предъявляют особые требования в части обеспечения равномерности движения подач и точности установочных перемещений. Прямолинейные движения суппортов осуществляются с помощью передачи винт — гайка качения (рис. 19.16), которая обеспечивает высокую осевую жесткость и равномерность движения. Между винтом 1 и гайкой 2, имеющими резьбу специ-

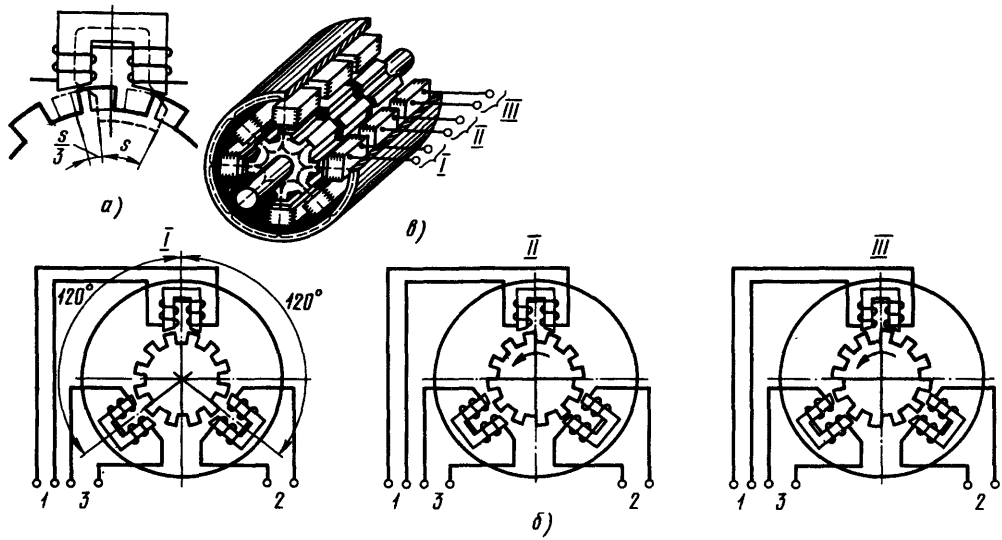


Рис. 19.14. Шаговый двигатель:

а и б — принцип действия, в — устройство

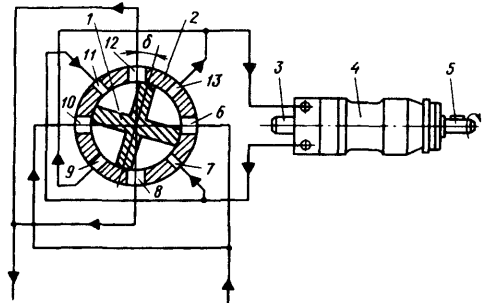


Рис. 19.15. Схема гидросилителя крутящих моментов

120°. К преимуществам данной конструкции относят малые габаритные размеры, отсутствие быстроизнашивающихся деталей и малую длину каналов возврата. Конструкция передачи винт — гайка качения зависит от профиля резьбы, способа возврата шариков и метода регулирования натяга. Регулирование зазора или натяга при полукруглом профиле сводится к изменению расположения винта относительно гайки.

Регулирование натяга в винтовой шариковой паре производят поворотом сегментом 5 полугайки 3 (рис. 19.17) относительно полугайки 4. Сегмент имеет 93 зуба на внутреннем венце и 92 — на наружном. Перестановка сегмента на один зуб относительно полугайки 3 приводит к осевому смещению на 1—2 мкм.

В приводе подач перед ходовым винтом часто располагают беззазорные зубчатые передачи, в которых выборку зазора осуществляют различными способами. Зубчатое колесо, показанное на рис. 19.18, состоит из двух дисков 2 и 3 с зубчатыми венцами. Уменьшение зазора в зубчатом зацеплении колеса 1 и дисков 2 и 3 достигается разворотом эксцентриковой втулки 4. После регулирования диски 2 и 3 скрепляют винтом 5.

На рис. 19.19 показано зубчатое колесо с косыми зубьями, составленное из дисков 6 и 8 и связанное с валом шпонкой 4. Зазор в зацеплении с колесом 1 регулируют подбором толщины полуколец 2 и 7 между дисками 6 и 8, взаим-

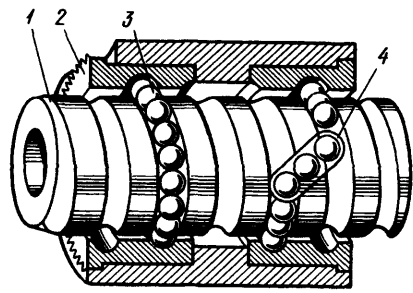


Рис. 19.16. Передача винт — гайка качения

ального профиля, помещаются шарики 3, перекатывающиеся при вращении винта. Каналом возврата служит специальный вкладыш 4, соединяющий два соседних витка гайки и заставляющий циркулировать шарики только в пределах одного шага резьбы.

В гайке имеются три цепи шариков, расположенных по окружности под углом

Вид А (крышка поз. 8 не показана)

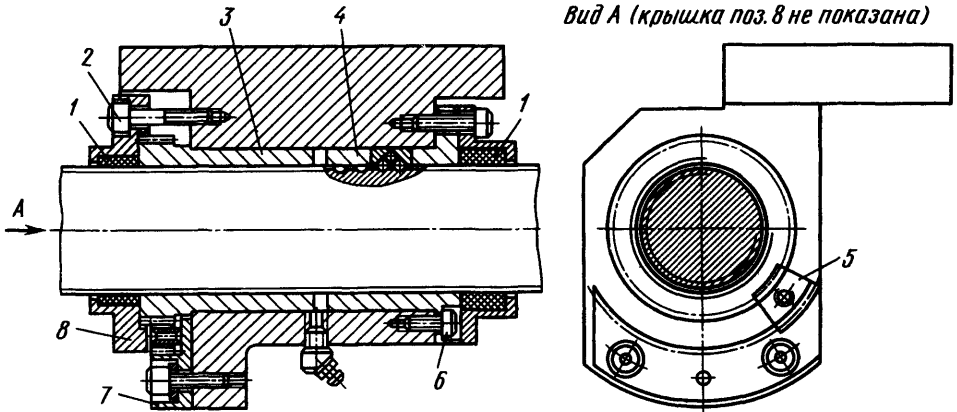


Рис. 19.17. Регулирование натяга в передаче винт — гайка качения:

1 — уплотнение, 2 — винт, 3 и 4 — полугайки, 5 — сегмент, 6 — винт, 7 — сектор, 8 — крышка

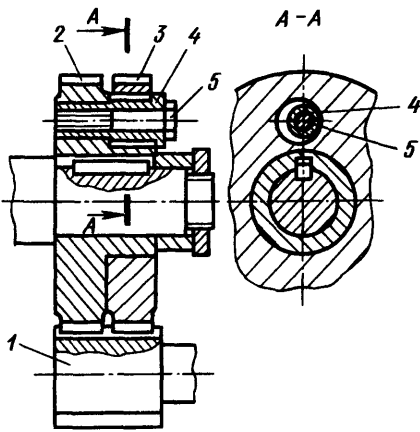


Рис. 19.18. Беззазорная зубчатая передача с выборкой зазора разворотом эксцентриковой втулки

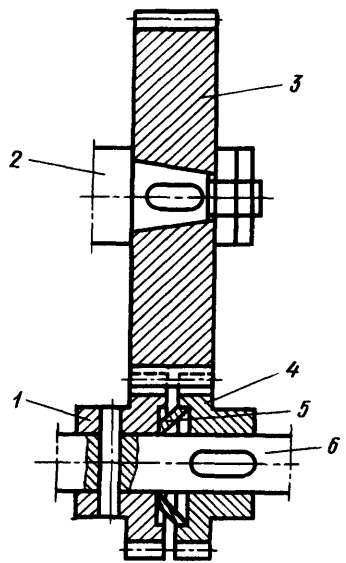


Рис. 19.20. Беззазорная зубчатая передача с выборкой зазора разворотом тарельчатой пружины

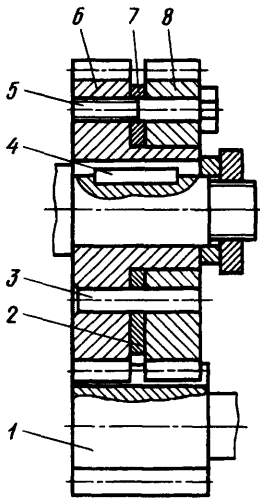


Рис. 19.19. Беззазорная передача, состоящая из косозубых колес

При этом производится автоматическая выборка зазора.

Зубчатые колеса 2 и 4, сидящие на валу 1 (рис. 19.21), сцепляются с зубчатым колесом 5, расположенным на валу 6, причем колеса 2 и 5 жестко закреплены на валах 1 и 6 соответственно, а колесо 4 может вращаться на валу 1. В пазу

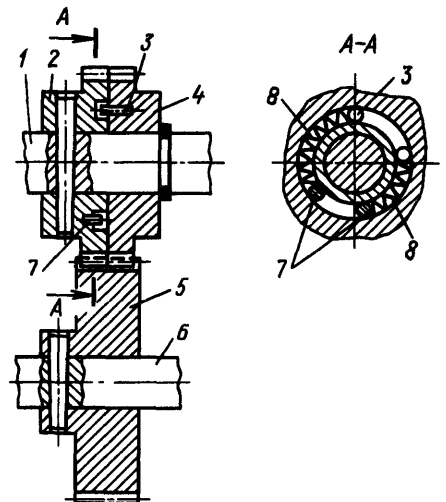


Рис. 19.21. Беззазорная зубчатая передача с выборкой зазора пружиной круглого сечения

ное положение которых определяется штифтами 3. После регулирования диски 6 и 8 скрепляют винтами 5.

Колесо 3, расположенное на валу 2 (рис. 19.20), соединяется с колесами 1 и 4, расположенными на валу 6, причем колесо 1 неподвижно в осевом направлении. Между колесами 1 и 4 находится тарельчатая пружина 5, которая перемещает колесо 4 и поворачивает колесо 3 до тех пор, пока его зубья не вступят в контакт с неподвижным колесом 1.

зубчатого колеса 2 находится две пружины 8, которые одним концом упираются в штифты 3 колеса 4, а другим — в штифты 7 колеса 2, заставляя поворачиваться колесо 4 относительно колеса 2. При этом производится автоматическая выборка зазора.

### 19.4. Токарные станки моделей 16А20Ф3 и МК6713 с ЧПУ

**Токарный станок модели 16А20Ф3.** Этот станок (рис. 19.22) предназначен для обработки деталей типа тел вращения в замкнутом автоматическом цикле (со ступенчатым и криволинейным профилем различной сложности) за один или не-

сколько рабочих ходов, а также для нарезания резьб; выпускается он с системой числового программного управления 2Р-22 (модели 16А20Ф3С32) и системой «Электроника НЦ-31» (модель 16А20Ф3С39).

Системы программного управления обеспечивают ввод, редактирование и автоматическое выполнение программы обработки детали, а также управление ими с клавиатуры пульта оператора. Класс точности станков II.

Станок модели 16А20Ф3 имеет массивное основание с окном для схода стружки и проем для установки транспортера стружки, который вводится с правой стороны; станина имеет коробчатую форму с поперечными ребрами П-образной фор-

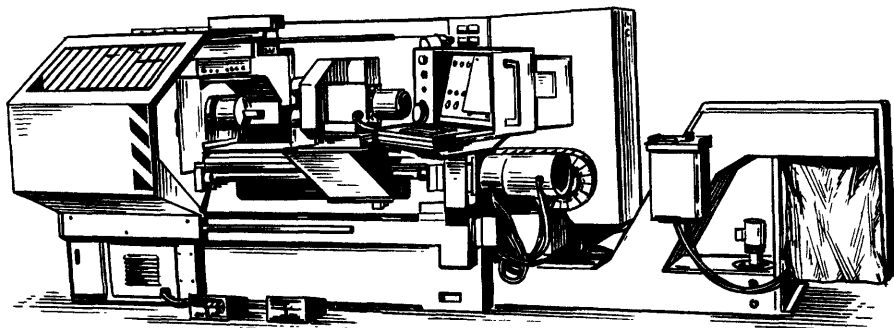


Рис. 19.22. Токарный станок с ЧПУ модели 16А20Ф3

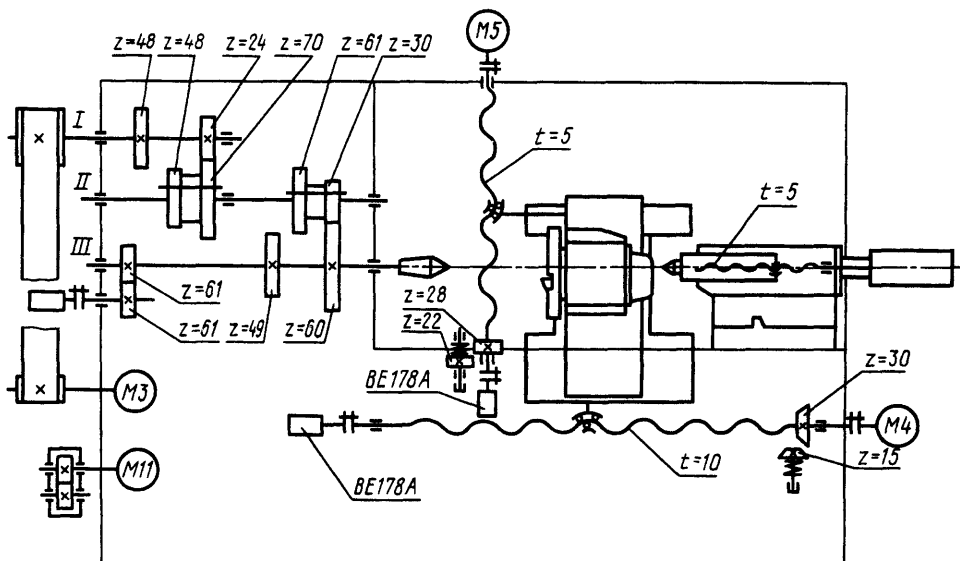


Рис. 19.23. Кинематическая схема станка 16А20Ф3

мы и закаленные шлифованные направляющие. На станине установлены шпиндельная бабка, каретка, привод продольной и поперечной подач, задняя бабка.

Кинематическая схема станка представлена на рис. 19.23. Вращение от электродвигателя главного движения (частотно-регулируемый асинхронный электродвигатель) передается на вал 1 шпиндельной бабки с помощью клинового ремня с передаточным отношением 171:240.

Шпиндельная бабка (рис. 19.24) обеспечивает три диапазона частот вращения шпинделя с соотношением 1:1, 1:3, 1:8,7 переключаемых вручную. Первый диапазон частоты вращения шпинделя (20—285 об/мин) обеспечивается поворотом рукоятки вправо; второй диапазон (60—830 об/мин) — поворотом ее влево в среднее положение, а третий диа-

пазон (175—2500 об/мин) — поворотом рукоятки влево до упора. Для резьбонарезания в шпиндельной бабке установлен датчик с приводом 1 (рис. 19.24), зазор в зубчатом зацеплении 2—3 которого выбирается поворотом эксцентрикового фланца 4.

Привод продольного перемещения включает шариковую передачу винт — гайка качения, опоры винта, приводной электродвигатель постоянного тока или асинхронный с частотным регулированием, а также датчик обратной связи, соединенный винтом через муфту, или на станках с приводом «Размер 2М-5-21» используют датчик, встроенный в асинхронный двигатель. Предусмотрена также дополнительная передача на валик ручного перемещения каретки в наладочном режиме при отключенном станке.

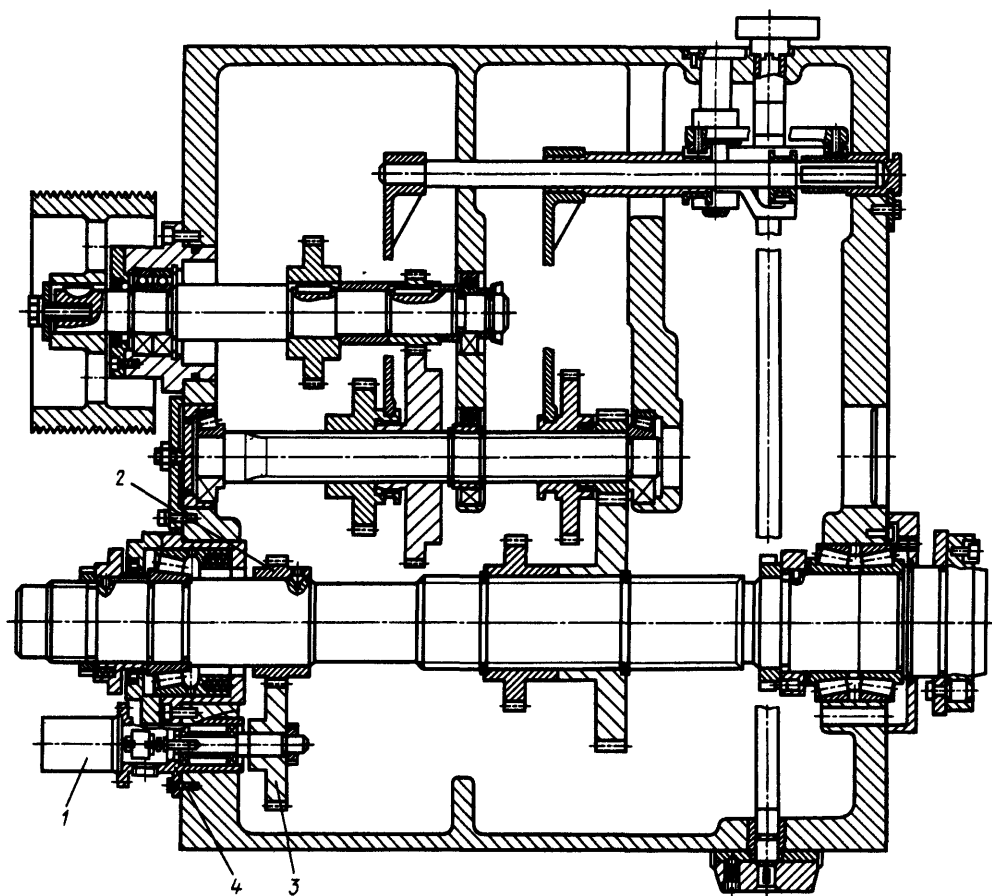


Рис. 19.24. Шпиндельная бабка



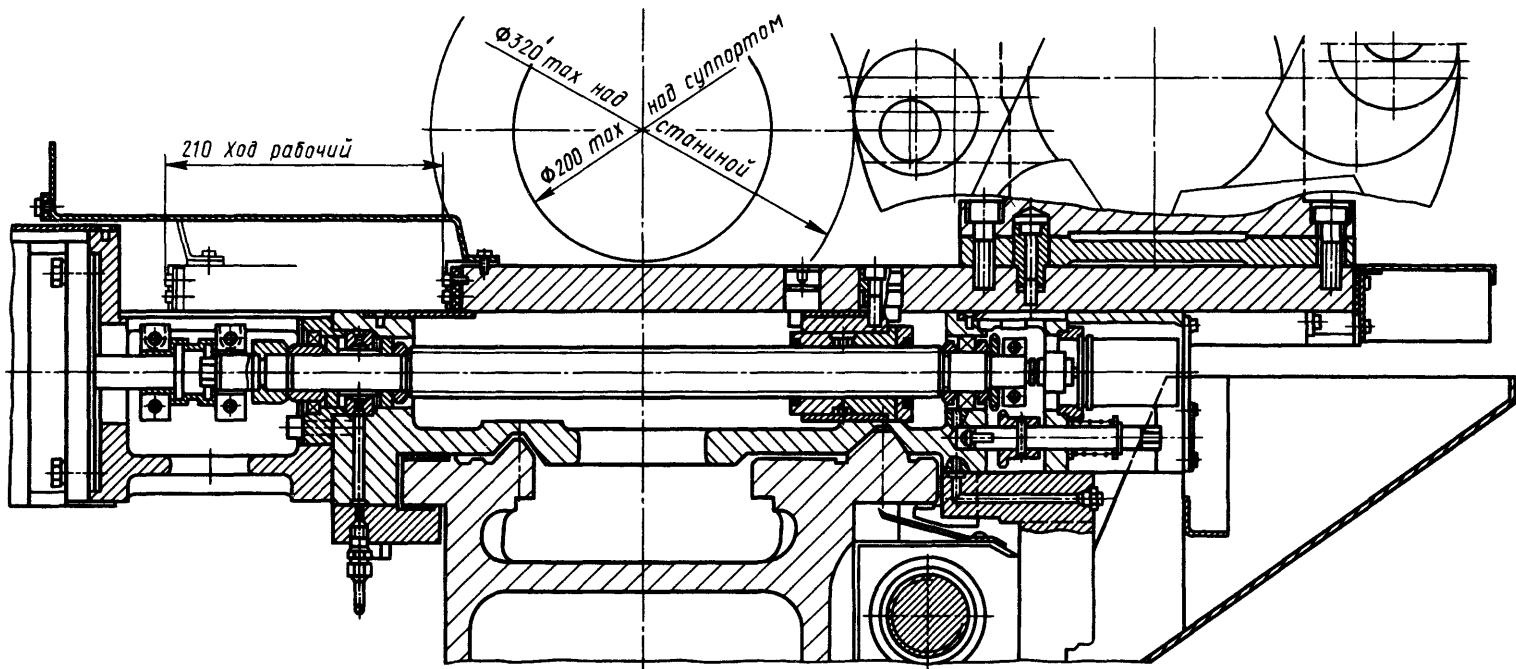


Рис. 19.25. Привод поперечного перемещения

Привод поперечного перемещения включает (рис. 19.25) шариковую передачу винт — гайка качения, опору винта, приводной электродвигатель постоянного тока или асинхронный с частотным регулированием и датчик обратной связи, соединенный с винтом через муфту, или на станках с приводом «Размер 2М-5-21» используют датчик, встроенный в асинхронный электродвигатель. Предусмотрена также дополнительная передача на валик ручного перемещения суппорта в наладочном режиме при отключенном станке.

На станках используется 6-, 8- и 12-позиционная автоматическая универсальная головка (УГ9321, УГ9324 и УГ9325) с горизонтальной осью поворота. Головка имеет инструментальный диск на 6 радиальных и 3 осевых инструмента (6-позиционная) или на 8 блоков под радиальные и осевые инструменты (8-позиционная) или на 12 блоков под радиальные инструменты и осевые инструменты, комбинируемые при наладке на деталь (12-позиционная). Конструкция головки показана на рис. 19.26.

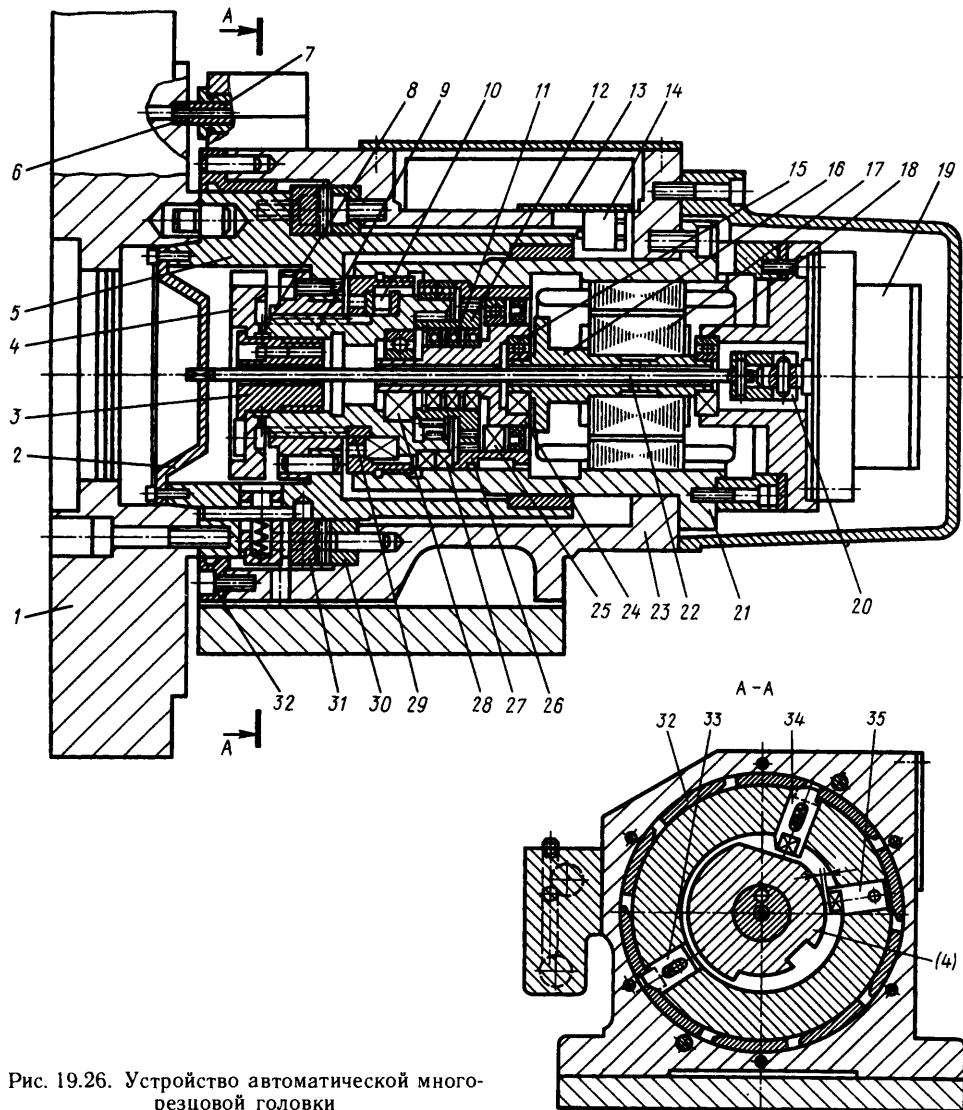


Рис. 19.26. Устройство автоматической много-резцовой головки

Движение от электродвигателя 17, встроеного в гильзу 21 корпуса 23, сообщается блоку сателлитов 12 с помощью поводковой муфты, выполненной на торце вала ротора 16 и водила 24 планетарного редуктора. Один из сателлитов сопрягается с неподвижным зубчатым колесом внутреннего зацепления 26, а другой — с подвижным зубчатым колесом 2, на ступице которого выполнена трапециевидальная резьба, а на торце — зубчатая муфта. С помощью зубчатой муфты и винта 3 деталь 9 соединяется с кулачком 4 управления индексацией. Радиальной опорой детали 9 служат бронзовые полукольца 29, торцевой — подшипники 10 и 11. С резьбой на детали 9 сопрягается фланец-гайка 8, прикрепленный к шпинделю 5 головки, при этом шпиндель может совершать вращательное и поступательное движение. К шпинделю прикреплены инструментальный диск 1 и фиксирующая полумуфта 31 с круговым зубом. Вторая полумуфта 30 закреплена на корпусе головки.

На торце гильзы 21 установлен датчик 19 углового положения инструментального диска, выполненный на герметичных магнитоуправляемых контактах и соединенный с фланцем шпинделя с помощью валика 22 и муфты 20. Датчик защищен кожухом.

В нише корпуса 13 размещены набор клеммных зажимов электрокоммуникации головки, РС-цепочки двигателя и микровыключатель 14 контроля сцепления полумуфт 30 и 31.

Включение подачи СОЖ на инструментальный диск осуществляется при нажатии диском на толкатель клапана 6, который встроен в планку 7, прикрепленную к корпусу головки.

Головка работает по следующему циклу (на рис. 19.26 показано исходное положение): снятие усилия и расцепление плоскозубчатых муфт, поворот инструментального диска до заданной позиции, предварительная фиксация, сцепление муфт и сжатие их с необходимым усилием.

При пуске двигателя деталь 9 и кулачок 4 начинают вращаться против часовой стрелки. Поскольку полумуфты 30 и 31 сцеплены и шпиндель не может вращаться, происходит расцепление полумуфт за счет взаимодействия резьб на

деталях 8 и 9. К окончанию расцепления уступ кулачка соприкасается с пальцем 35. При продолжении поворота фиксатор 34 под воздействием скосов на фланце 32 входит в паз на кулачке, обеспечивая сцепление привода и шпинделя.

Когда инструментальный диск достигнет необходимого углового положения, осуществляется реверсирование двигателя по команде датчика 19 и соответственно изменяется направление вращения деталей головки. При этом фиксаторы 33 и 34 западают в пазы фланца 32, кулачок освобождается и расцепляет привод и шпиндель. При дальнейшем вращении привода осуществляется сцепление фиксирующих полумуфт и создается необходимый натяг, величина которого зависит от установки токового реле в цепи двигателя. Токовое реле управляет отключением электродвигателя.

Головки (рис. 19.27, 19.28) комплектуют инструментальными дисками, на которых устанавливается инструмент для центровых работ. Поддача СОЖ осуществляется в рабочей позиции через вспомогательные втулки.

На головке модели УГ9321 (см. рис. 19.27) инструмент для центровых работ устанавливается в блок 7, который монтируется на торцевой поверхности инструментального диска в позициях 1, 3, 5. При установке блока необходимо вывернуть пробку 8 и в случае работы с СОЖ ослабить винт 10, вынуть шарик 9 и вернуть пробку 8 в резьбу 11.

Конструкция суппортной группы отличается наличием комбинированных поперечных направляющих (левой — наклонной, правой — прямоугольной) и покрытия из антифрикционного состава на рабочих поверхностях продольных направляющих каретки и поперечных направляющих суппорта. Антифрикционное покрытие обеспечивает постоянство коэффициента трения при малых и высоких скоростях рабочих перемещений, что способствует повышению точности позиционирования, а также стабильности и точности обработки.

Регулировка положения путевых кулачков на продольной и поперечной линейках показана на рис. 19.29 и рис. 19.30. На каждой линейке предусмотрены 2 паза для

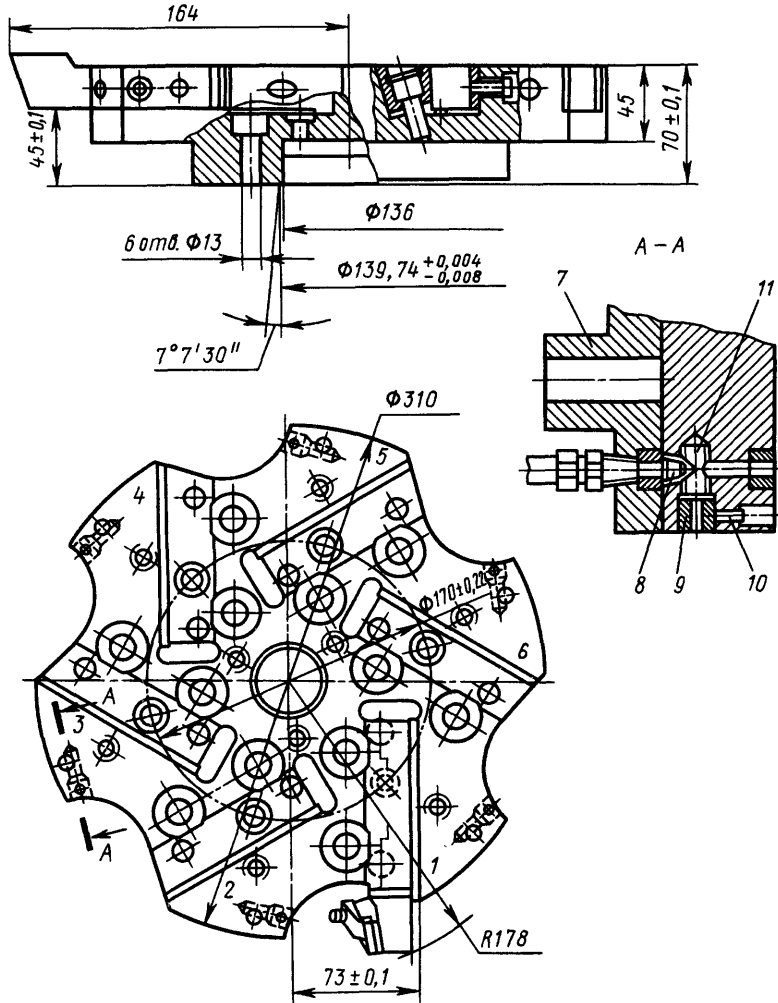


Рис. 19.27. Инструментальный шестипозиционный (1—6) диск

установки кулачков аварийного отключения подачи и аварийного отключения станка. Кулачки воздействуют на блоки путевых электропереключателей, смонтированные на суппорной группе станка.

Кулачки 1 аварийного отключения подачи следует устанавливать так, чтобы они воздействовали на штоки блока конечных выключателей раньше кулачков 2 аварийного отключения станка, а последние — на расстоянии 5—8 мм до крайних положений поперечного суппорта и упора каретки в корпус задней бабки и резцов в кулачки патрона. По команде кулачков 1 при ошибке программиста или наладчика отключается подача в соответ-

ствующем направлении без удара о смежные части станка. При этом система программного управления и станок не отключаются и информация от датчиков обратной связи сохраняется в памяти системы.

Аналогичный сдвоенный кулачок установлен на задней бабке для предотвращения аварийного удара о заднюю бабку, он воздействует на блок электропереключателей, установленных на каретке станка.

На тех же линейках установлены (см. рис. 19.29, 19.30) кулачки 3 подачи команды на предварительное замедление скорости перемещения при входе каретки и суппорта в фиксированное положение и кулачки 4 фиксированного положения.

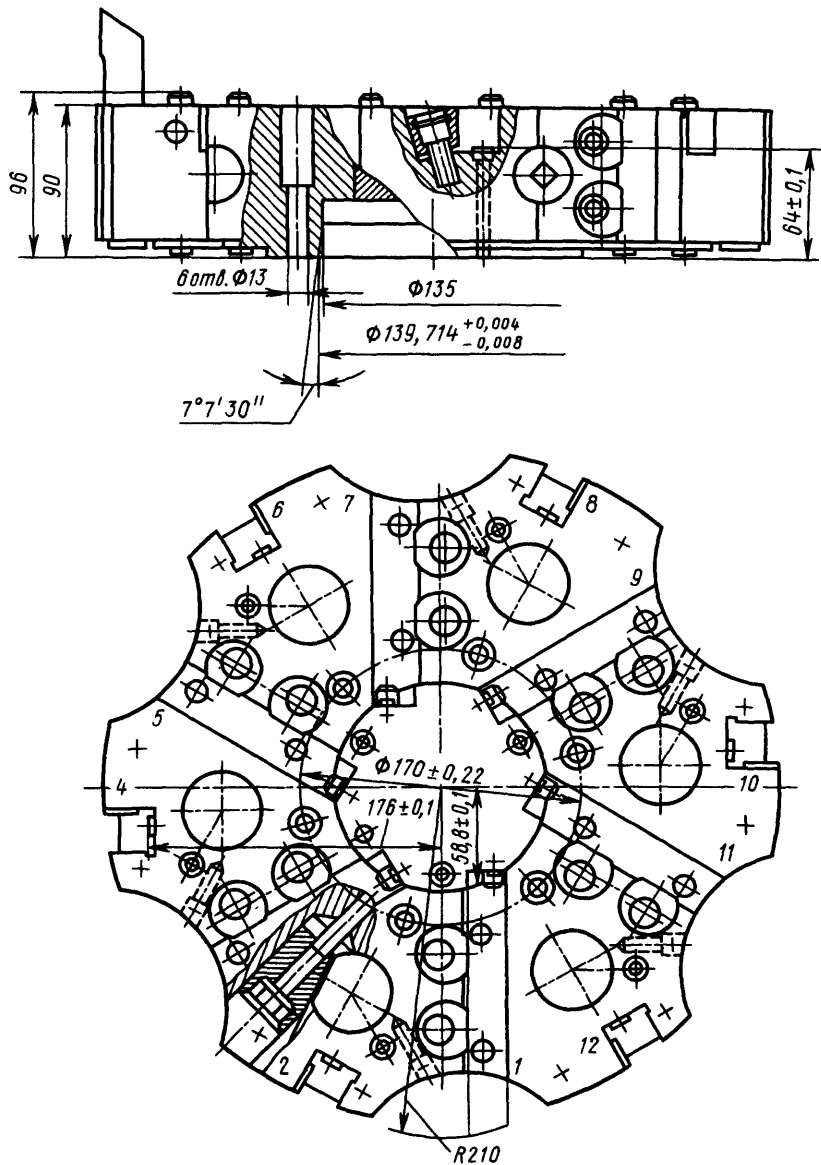


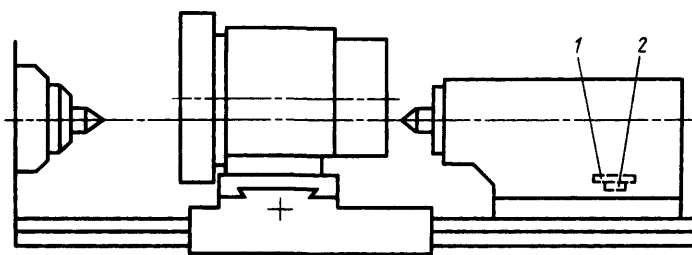
Рис. 19.28. Инструментальный двенадцатипозиционный (1—12) диск

На станках 16А20Ф3С32 с системой ЧПУ 2Р-22 кулачки фиксированного положения не используют, после срабатывания конечного выключателя на замедление привод реверсируется и производится точный останов по нулевому импульсу датчика положения в пределах шага винта.

Для обеспечения стабильности входа в фиксированное положение по предварительно установленному кулачку на замедлении выполняют следующие проверки:

1. Перемещают ручным штурвалом суппорт по координате  $X$  на 2 мм или каретки по координате  $Z$  на 4 мм в сторону кулачка на замедление.

2. Переходят в режим «Тест» и проверяют отсутствие сигнала «Замедление» на экране блока отображения символической информации (БОСИ); при этом по поперечной координате  $X$  в горизонтальной строке  $XI$  в 7-й вертикальной колонке и по продольной координате  $Z$  в горизонталь-



На станках 16А20Ф3С32



На станке 16А20Ф3С39

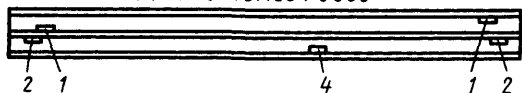


Рис. 19.29. Схема расположения кулачков в пазах линейки продольного перемещения

ной стороне XI в 9-й вертикальной колонке должен быть 0.

3. Перемещают суппорт в том же направлении еще на 1 мм или каретку на 2 мм.

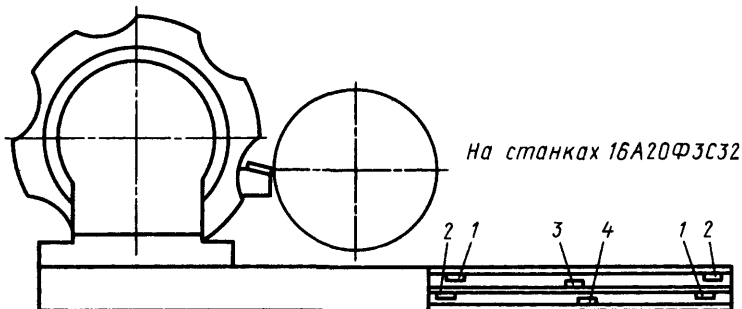
4. Переходят в режим «Тест» и проверяют наличие сигнала «Замедление»; при этом на экране БОСИ в тех же строках и колонках должна быть 1.

Смазывание имеет важнейшее значение для нормальной эксплуатации и долговечности станка и производится строго в соответствии с картой и схемой смазыва-

ния (рис. 19.31). В станке применена автоматическая система смазывания шпиндельной бабки.

Шестеренный нанос 2 (рис. 19.31) всасывает масло из резервуара 1 и подает его через сетчатый фильтр к подшипникам шпинделя и зубчатым колесам. Для контроля насоса применено дополнительное реле 12, установленное после сетчатого фильтра 4.

При наличии потока масла в системе смазывания реле дает команду о готовности к работе главного привода. В случае



На станках 16А20Ф3С32

На станке 16А20Ф3С39



Рис. 19.30. Схема расположения кулачков в пазах линейки поперечного перемещения

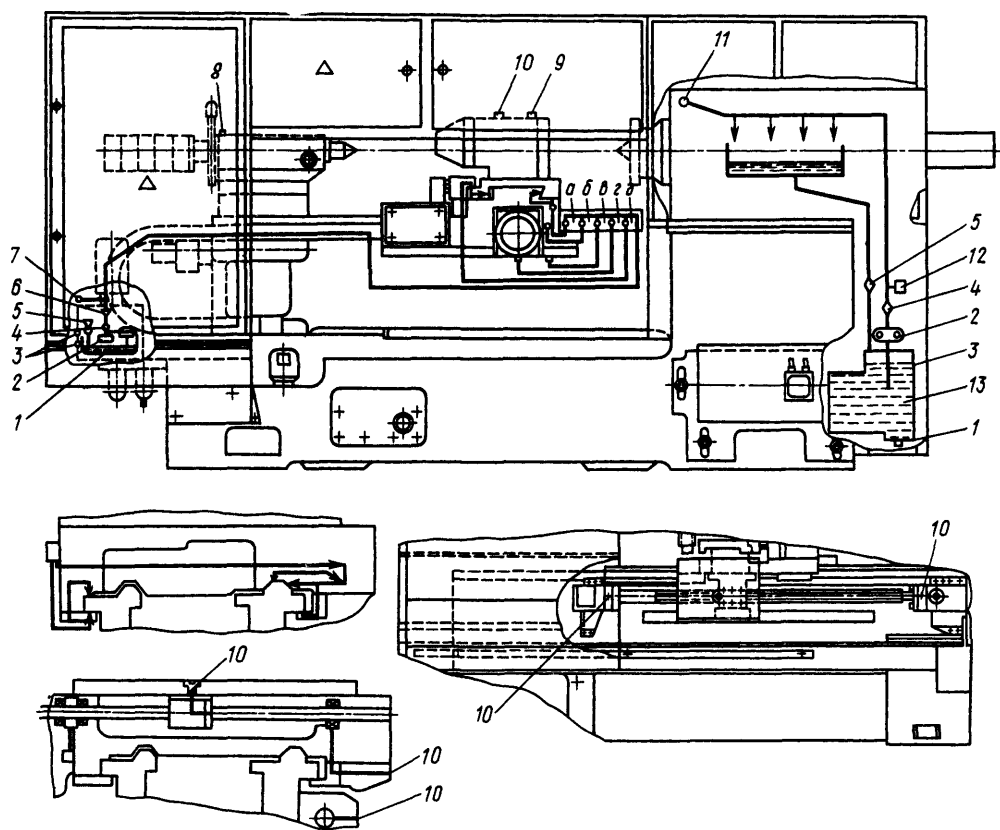


Рис. 19.31. Схема смазывания

выхода из строя электродвигателя станции смазывания реле дает команду на выключение двигателя главного привода.

Кроме того, для визуального контроля работы станции смазывания установлен маслоуказатель 11, вращающийся диск которого свидетельствует о работе системы смазывания. В процессе работы необходимо следить за состоянием фильтра 4 и по мере засорения производить промывку его элементов в керосине не реже 1 раза в месяц. Для снятия фильтра предварительно отсоединяют сливную трубу.

Из шпиндельной бабки масло через сетчатый фильтр и магнитный патрон 5 сливается в резервуар.

Ежедневно перед началом работы следует проверять уровень масла по риску маслоуказателя 3 на резервуаре и при необходимости доливать его.

В станке применена автоматическая система смазывания на-

правляющих каретки и направляющих станины от станции, установленной на основании.

При включении насоса станции масло под давлением 0,1—0,2 МПа подается с помощью шланга к коллектору на каретке. На давление 0,1—0,2 МПа отрегулирован подпорный клапан; величина давления контролируется манометром 7.

Включение насоса станции осуществляется при включении станка и в дальнейшем происходит по команде от электроавтоматики станка или УЧПУ (с интервалом 45 мин). Выключение подачи масла происходит через 3—5 с от электроавтоматики станка или УЧПУ. За это время необходимая порция масла поступает от коллектора ко всем точкам смазывания каретки. Для исключения попадания загрязненного масла в станцию предусмотрен обратный клапан 6.

При необходимости в дополнительной подаче масла нажимают кнопку «Толчок

смазки». При этом масло подается в течение всего времени нажатия кнопки.

В коллекторе системы смазывания предусмотрено 5 выходных магистралей: по линии *a* масло подается на переднюю наклонную поперечную направляющую каретки; по линии *б* — через медную трубку в каретке на призматическую продольную направляющую каретки и нижнюю переднюю планку каретки; по линии *в* — к задней плоской направляющей и нижней задней планке каретки; по линии *г* — к заднему опорному подшипнику винта поперечного перемещения; по линии *д* — к задней прямоугольной поперечной направляющей каретки.

Консистентной смазкой смазывают подшипники опор винта продольного перемещения, подшипник передней опоры винта поперечного перемещения, винтовые пары продольного и поперечного перемещения, а также подшипники автоматической головки. На винтовых парах продольного и поперечного перемещения, правой опоре винта поперечного перемещения, а также в корпусе универсальной автоматической головки для этой цели имеются пресс-масленки 8, 9, 10. Места консистентной смазки обозначены знаком «+» (см. рис. 19.31). Механизм автоматической инструментальной головки смазывают маслом индустриальным И-30А.

После подключения станка и проведения пуска наладочных работ производят подготовку станка к работе. Проверяют положение и надежность крепления кулачков аварийного ограничения хода на продольной и поперечной линейках (см. рис. 19.29; 19.30), положение и надежность крепления задней бабки на станине. С помощью накладных ключей контролируют легкость перемещения суппортной группы в продольном и поперечном направлениях. С помощью рукоятки переключения устанавливают диапазон (нижний) частот вращения шпинделя.

В режиме «Ручное управление» проверяют работу всех механизмов станка: переключения диапазонов перемещения суппорта в продольном и поперечном направлениях, на быстром ходу и рабочих подачах; аварийных и блокировочных электропереключателей; подачи масла враще-

ния шпинделя в каждом из трех диапазонов, в том числе на максимальной частоте (не менее 30 мин).

После проверки правильности работы станка в ручном режиме управления устанавливают требуемый инструмент и проверяют работу станка при обходе контура входосту без установки заготовки.

Проводят привязку инструмента в соответствии с указаниями в сопроводительной документации на УЧПУ и в инструкции по программированию. Протачивают пробную деталь, предпочтительно резьбовой валик по программе, проведенной в руководстве по эксплуатации.

После замеров контрольных размеров производят требуемую корректировку введенных данных управляющей программы с помощью клавиатуры системы управления. Схемы технологических возможностей станка приведены на рис. 19.32 при оснащении различными головками. Не допускается включать неработающий более часа станок на частоту вращения шпинделя выше 1500 об/мин без предварительного разогрева станка на частоте 800 об/мин в течение 15 мин.

В качестве режущего инструмента используют стандартные резцы ( $25 \times 25 \times 150$ ) со сменными твердосплавными пластинами или напайные резцы того же типоразмера, а также осевой инструмент — резцедержатели с цилиндрическим хвостовиком диаметром 50 мм, закрепляемые в переходных блоках на дисках головок УГ9321 и УГ9325 или непосредственно в диске головки УГ9324. Для использования осевого инструмента с корпусным хвостовиком (конус Морзе № 2 и № 3) предусмотрены переходные втулки.

В комплект поставки станка входят несколько резцов, используемые при запуске и освоении станка в эксплуатации, а также комплект вспомогательного инструмента (переходные втулки, а также инструментальные блоки для головок УГ9321 и УГ9325).

На 12-позиционной головке возможна установка 12 радиальных резцов для обработки в центрах с использованием инструментов-дублеров; 6 блоков для осевого инструмента для обработки внутренних поверхностей деталей диаметром до 320 мм; 3 блока (через  $120^\circ$ ) и 6 резцов



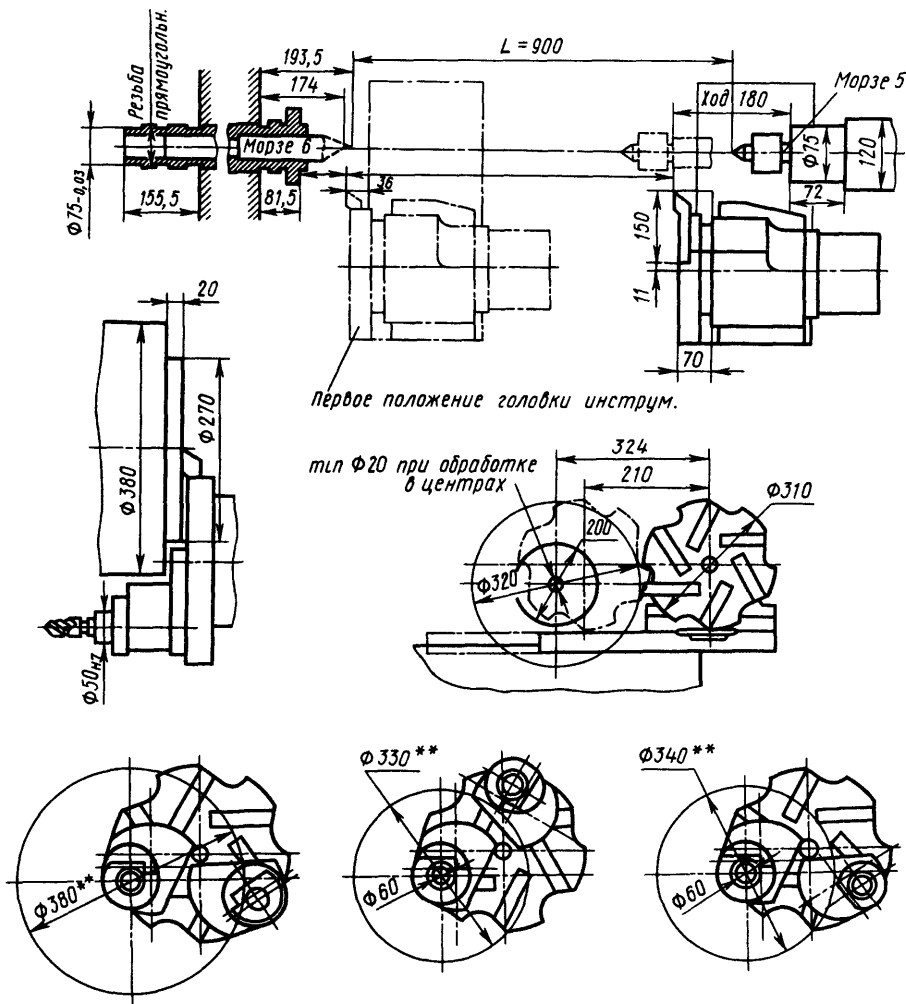


Рис. 19.32. Схема технологических возможностей станков 16А20Ф3С39 и 16А20Ф3С32 с шестипозиционной автоматической головкой

для полной обработки деталей диаметром до 320 мм при подрезке торцов диаметром до 225 мм; 4 блоков на соседних позициях и 4 резцов для полной обработки, включая подрезку торца, деталей диаметром до 320 мм.

При 8-позиционной головке при установке 4 блоков для осевого и 4 блоков для радиального инструмента возможна полная обработка деталей диаметром до 250 мм и диаметром до 320 мм при подрезке торца в диапазоне диаметров 110—320 мм; подрезку торца от 0 до диаметра 320 мм можно производить одним резцом при снятии блоков для осевого инструмента с двух соседних позиций.

### Токарный станок модели МК6713С5.

Токарный станок — специальный патронный станок повышенной точности модели МК6713С5 с ЧПУ (рис. 19.33) предназначен для изготовления в автоматическом режиме деталей типа дисков различной конфигурации, а также для нарезания резьб. Станок оснащен системой ЧПУ H22-1М.

Станок модели МК6713С5 имеет один шпиндель, оснащен крестовым суппортом и резцедержателем на шесть инструментов. Станок имеет литую чугунную станину, на которой размещены основные части станка. Накладные направляющие (в виде массивных брусков прямоугольной фор-

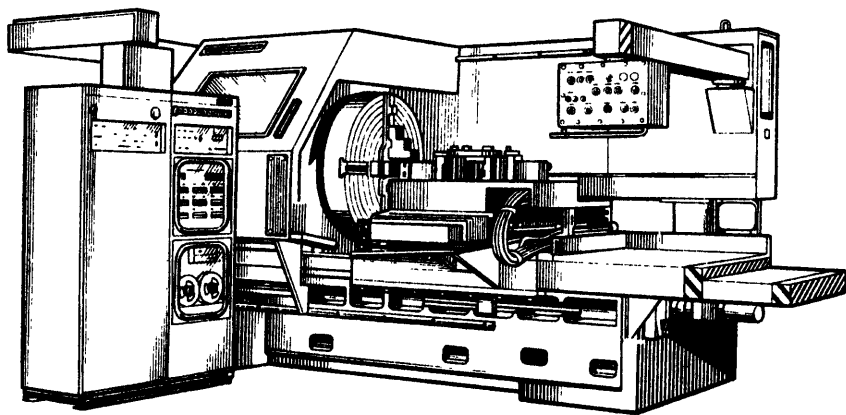


Рис. 19.33. Токарный специальный патронный станок повышенной точности модели МК6713С5 с ЧПУ

мы) жестко прикреплены к станине. Передняя направляющая в зоне резания закрыта стальным щитком, задняя — открыта. Обе направляющие с правой стороны закрыты телескопическими щитками.

Кинематическая схема станка представлена на рис. 19.34. От электродвигателя постоянного тока с тиристорным приводом вращения через клиноременную передачу передается на вал I. Электродвигатель по программе, считанной с перфоленты, автоматически обеспечивает любую из девяти частот вращения. Блок зубчатых колес  $z=26$ ; 72 и 50 на валу II и блок

зубчатых колес  $z=61$  и 25 и на валу III позволяют автоматически получить (в сочетании с двигателем) 36 ступеней частот вращения шпинделя. Блоки зубчатых колес перемещаются вдоль валов II и III с помощью гидроцилиндров, управляемых с пульта ЧПУ.

Вращение от вала I на вал II передается зубчатой парой  $z=28$  и 72 или зубчатой парой  $z=50$  и 50, от вала II на вал III — зубчатой парой  $z=26$  и 74 или зубчатой парой  $z=50$  и 50, от вала III на шпиндель (вал IV) вращение передается парой  $z=61$  и 67 или парой  $z=25$  и 103.

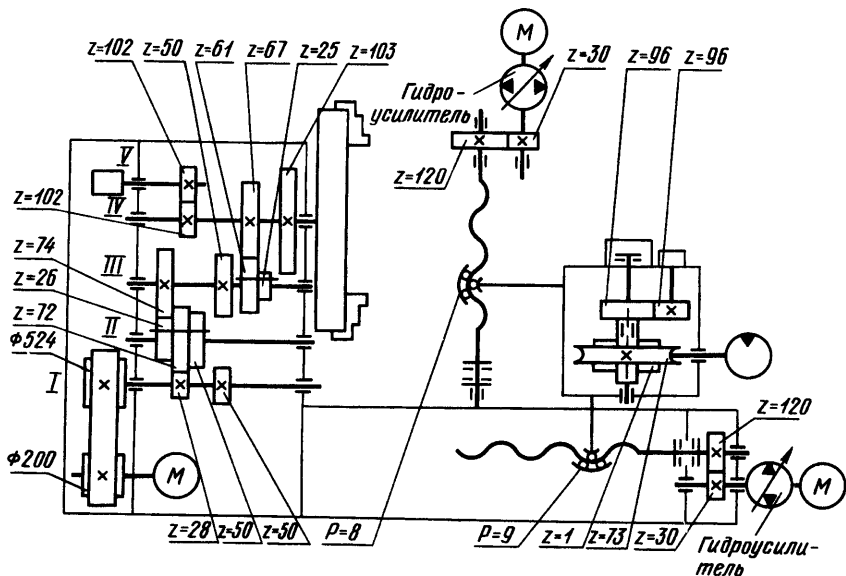


Рис. 19.34. Кинематическая схема станка модели МК6713С5

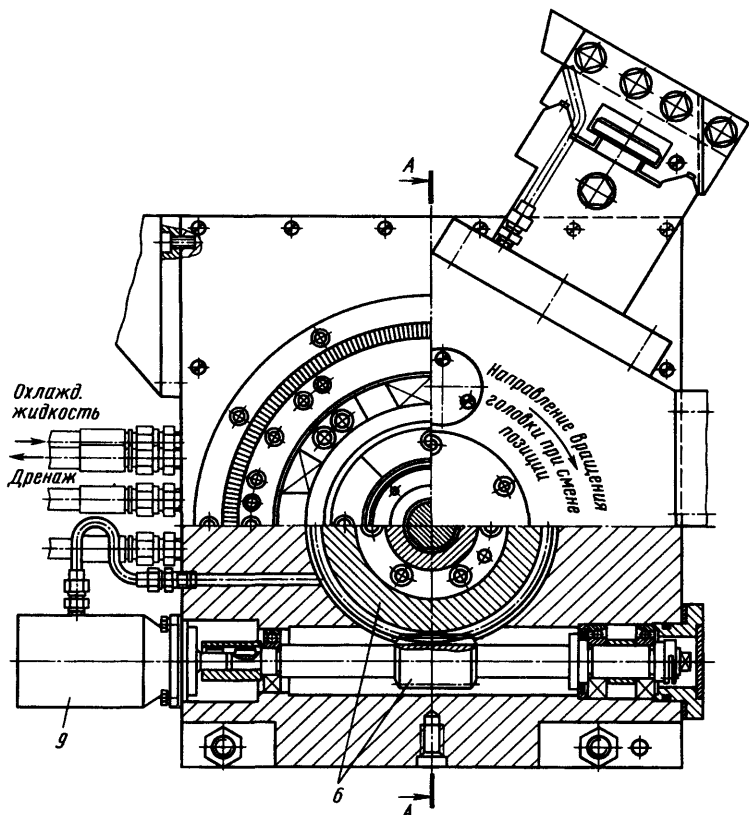
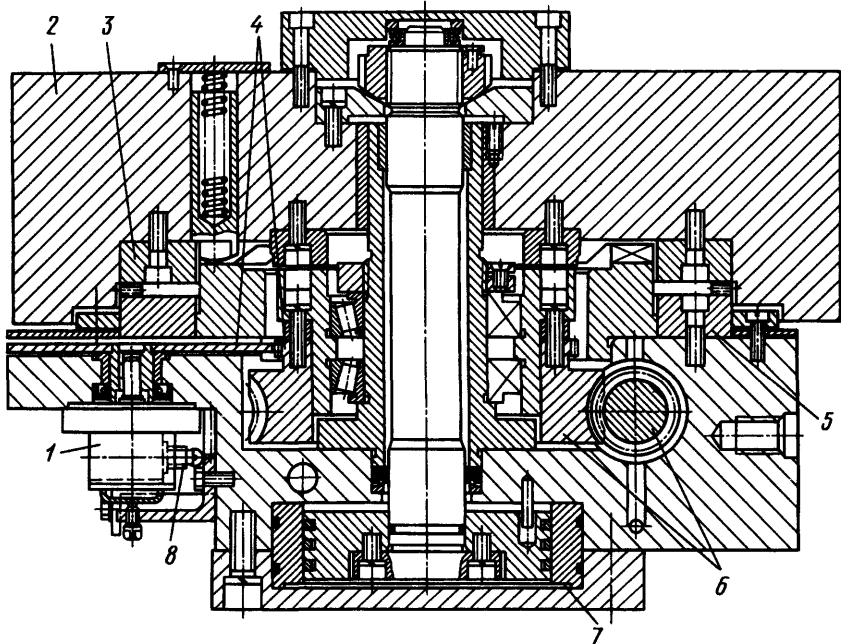


Рис. 19.35. Поворотный резцедержатель

Для нарезания резьб имеется вал *V*, соединенный муфтой с датчиком резьбонарезания.

Суппортная группа состоит из каретки, перемещающейся по накладным направляющим станины, и поперечного суппорта, перемещающегося по накладным направляющим каретки. Передняя нижняя направляющая каретки, воспринимающая боковые нагрузки и обеспечивающая прямолинейность продольного перемещения в горизонтальной плоскости, сделана удлиненной в сторону шпиндельной бабки, что позволяет не только увеличить отношение длины направляющей к ширине, но и резко снизить давление на кромки.

Прямолинейность перемещения поперечного суппорта в горизонтальной плоскости обеспечивается только левой направляющей типа «ласточкин хвост».

Привод поперечного и продольного перемещения состоит из зубчатой передачи  $z=30$  и 120, гидроусилителя с шаговым двигателем и передачи винт — гайка качения. Зазор в зубчатой передаче выбирается перемещением крышки относительно корпуса редуктора.

Резцедержатель — шестипозиционный, автоматический, с вертикальной осью вращения установлен на поперечном суппорте (рис. 19.35). Поворот резцедержателя осуществляется следующим образом. Гидроцилиндр 7 по команде с пульта ЧПУ поднимает резцовую головку 2, при этом плоскозубчатая полумуфта 3 выходит из зацепления с полумуфтой 5. Затем начинает работать гидромотор 9 поворота резцедержателя, который с помощью червячной пары 6 поворачивает головку 2 и пару зубчатых колес 4 (с передаточным отношением 1:1) на заданную позицию, что контролируется контактом 1. Выбор позиции инструмента происходит по команде с пульта ЧПУ.

По окончании поворота резцовой головки 2 контакт 1 подает сигнал на реверс гидромотора 9. Реверсирование осуществляется до фиксированного положения. Затем происходит зажим резцовой головки гидроцилиндром. Конечное положение головки контролируется конечным выключателем 8.

Крепление резцовых блоков к повернутой части резцовой головки осуще-

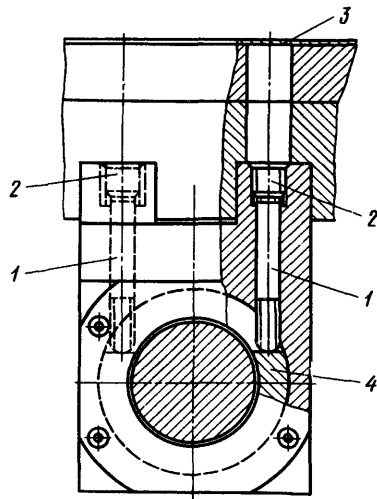


Рис. 19.36. Регулирование винтовой шариковой пары

ствляется вручную с помощью эксцентриковых зажимов. Охлаждающая жидкость подается к каждому резцу индивидуально через каналы в резцовой головке и трубки. Включение и выключение подачи охлаждающей жидкости — автоматическое (по команде с пульта ЧПУ).

Винтовые шариковые пары поперечного и продольного перемещения отличаются только длиной винтов. Крепление гаек к корпусу каретки и суппорту осуществляется с помощью клиньев. Регулирование шариковой винтовой пары (рис. 19.36) производится следующим образом. Снимают щиток 3 и, ослабив один из винтов 2, затягивают второй. При этом штырь 1 перемещается, поворачивая гайку 4. Пове-

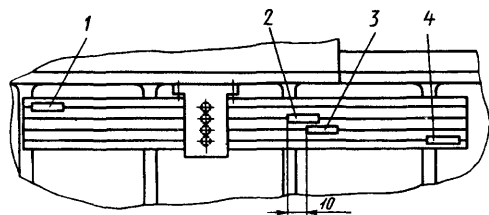


Рис. 19.37. Регулирование положения путевых кулачков продольной линейки:

кулачки: 1 — ограничения хода каретки при перемещении влево, 2 — для первого замедления перемещения каретки, 3 — для второго замедления перемещения каретки, 4 — ограничения хода каретки при перемещении вправо

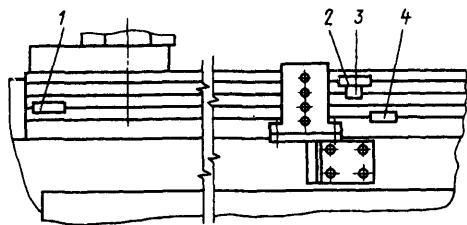


Рис. 19.38. Регулирование положения поперечных кулачков поперечной линейки:

кулачки: 1 — ограничения хода суппорта при перемещении к оси шпинделя, 2 — для первого замедления перемещения суппорта, 3 — для второго замедления перемещения суппорта, 4 — для ограничения хода суппорта при перемещении от оси шпинделя

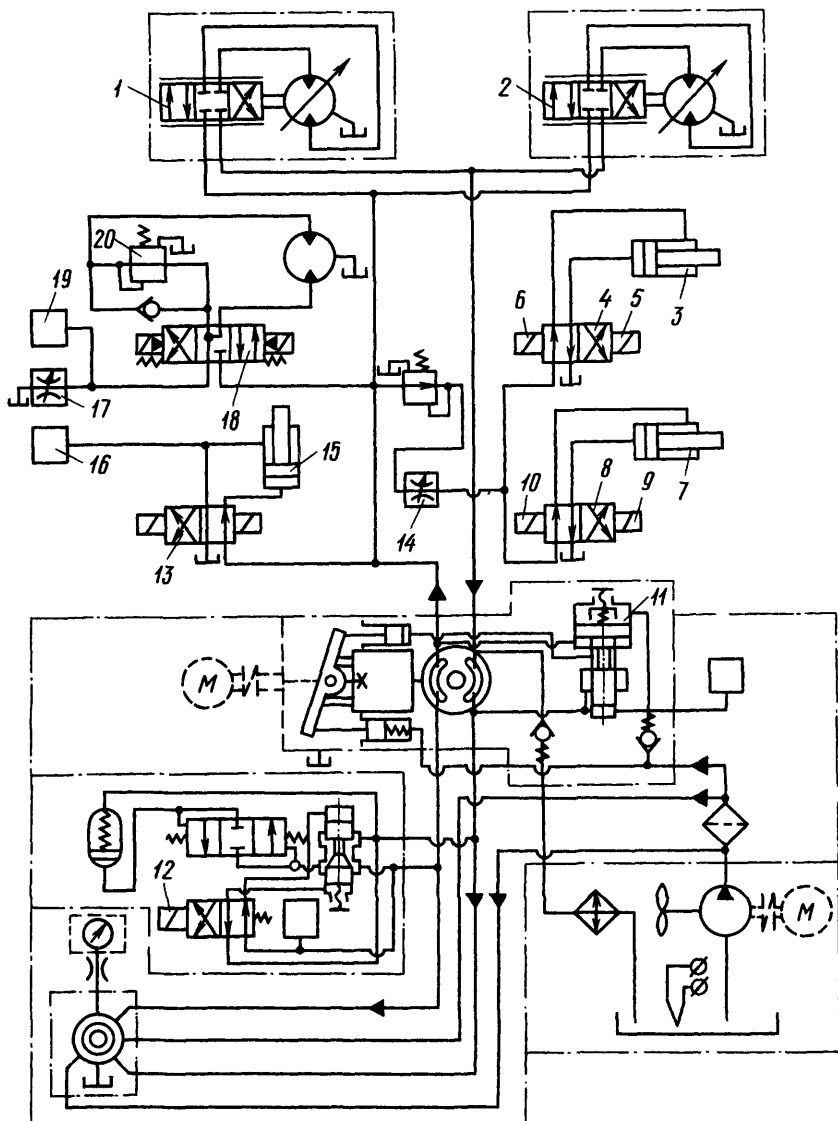


Рис. 19.39. Принципиальная схема гидропривода станка модели МК6713С5:

1 и 2 — гидроусилители, 3 и 7 — гидроцилиндры переключения, 4, 8, 12, 13 и 18 — золотники реверсивные, 5, 6, 9 и 10 — электромагниты, 11 — предохранительный клапан, 14 и 17 — дроссели, регулирующие частоту вращения резцовой головки, 15 — гидроцилиндр резцедержателя, 16 и 19 — реле давления, 20 — редукционный клапан поворота

рот винта 2 на 360° обеспечивает осевой натяг в 0,05 мм.

Регулирование положения путевых кулачков на продольной и поперечной линейке показано на рис. 19.37 и рис. 19.38 соответственно. На каждой линейке выполнены два паза для установки кулачков. Кулачки воздействуют на блоки путевых электропереключателей, установленных на каретке. Кулачки ограничения хода предназначены для аварийного отключения подачи. Они воздействуют на штоки конечных выключателей за 5—8 мм до положения механического ограничения хода. По команде этих кулачков (при ошибке программиста или наладчика) отключается подача в соответствующем направлении без удара о смежные детали. При этом система программного управления и станок не отключаются и информация о положении суппорта, поступающая от датчиков обратной связи, сохраняется в памяти системы ЧПУ. Кулачки 2 и 3 дают команду на предварительное замедление перемещений суппорта и каретки станка.

В станке применена автоматическая централизованная система смазывания в коробки скоростей от шестеренного насоса, который установлен на панели, являющейся одновременно крышкой резервуара, прикрепленного к левому торцу станины. Примерно через 1 мин после включения электродвигателя главного движения и заблокированного с ним двигателя насоса масло поступает в маслоуказатель, что свидетельствует о нормальной работе систем смазывания.

Из коробки скоростей масло через сетчатый фильтр и магнитный патрон сливается в резервуар. Если масло перестало поступать в маслоуказатель, необходимо остановить станок и очистить фильтр. Количество масла в резервуаре контролируется через маслоуказатель. Смазывание направляющих каретки и станины, а также шариковых винтовых пар осуществляется автоматически от станции. Включе-

ние насоса станции происходит при включении станка и в дальнейшем осуществляется по команде моторного реле времени через каждые 60 мин.

При включении насоса станции масло под давлением подается в систему смазывания суппортной группы. Включение подачи масла происходит через 3—5 с. За это время необходимая порция масла поступает ко всем точкам смазывания суппортной группы. Смазывание всех механизмов редукторов перемещений осуществляется при работе станка разбрызгиванием. Количество масла в редукторах контролируется визуально через маслоуказатели.

Включение гидропривода осуществляется нажатием кнопки «Пуск» гидроагрегата. Работа гидропривода происходит в соответствии с подачей электрических команд от пульта управления к электромагнитам реверсивных золотников и к шаговым двигателям гидроусилителей. Принципиальная схема гидропривода приведена на рис. 19.39.

### Контрольные вопросы

1. Расскажите о классификации токарных станков с ЧПУ.
2. Что вы знаете об осях координат и направлениях движений в токарных станках с ЧПУ?
3. Из каких основных частей состоят токарные станки с ЧПУ?
4. Какие виды направляющих вы знаете?
5. Какие приводы главного движения на станках с ЧПУ вы знаете?
6. Какие приводы подач на станках с ЧПУ вы знаете?
7. Каков принцип действия шагового двигателя?
8. Расскажите о принципе действия шариковой передачи винт — гайка.
9. Как осуществляется регулировка натяга в шариковой паре?
10. За счет чего достигается беззазорность в зубчатых передачах?

# 20. Наладка и эксплуатация токарных станков с ЧПУ

## 20.1. Наладка токарного станка с ЧПУ

Перед началом наладки токарного станка с ЧПУ необходимо:

1. Ознакомиться и изучить руководств по эксплуатации станка.

2. Убедиться в подаче масла в места, указанные в схеме смазки; и в случае отсутствия последней заполнить их смазкой в соответствии с картой.

3. Убедиться в наличии масла в гидросистеме.

4. Проверить заземление и выполнить все операции, изложенные в руководстве по эксплуатации электрооборудования станка.

5. Подключить вводный выключатель электрошкафа управления и пульта ЧПУ.

Наладку токарного станка с ЧПУ выполняют по карте наладки и тесту программы. В карте наладки даются указания по применяемым зажимным устройствам и подготовке их к работе; размеры заготовки и готовой детали; перечень вспомогательного и основного инструмента с координатами вершин режущих кромок от программируемой точки станка; координаты исходной (нулевой) точки относительно абсолютной системы координат станка. Для патронных токарных станков с ЧПУ общепринято, что в абсолютной системе начало координат лежит на пересечении оси вращения с зеркалом зажимного патрона.

Наладку станка с ЧПУ выполняют в такой последовательности:

1. В соответствии с картой наладки подбирают инструмент, проверяют отсутствие на нем повреждений, надежность крепления режущих пластин, правильность заточки и т. д.

2. Настраивают режущий инструмент на заданные картой наладки координатные размеры.

3. Устанавливают настроенный инструмент в рабочие позиции револьверной головки.

4. Устанавливают предусмотренный

картой наладки вид зажимного патрона и проверяют надежность закрепления заготовки.

5. Устанавливают переключатель режима работы пульта ЧПУ в положение ручной работы в режиме «От станка».

6. При отсутствии внешних повреждений у станка и пульта ЧПУ, препятствующих пуску станка, проверяют работоспособность его рабочих органов на холостом ходу и исправность сигнализации на пульте управления, а также работу ограничивающих кулачков.

7. Убедившись в чистоте лентопротяжного механизма, вводят перфоленту и проверяют выполнение (без сбоев) рабочей программы пультом и станком, а также безотказность индикации световой сигнализации.

8. Перемещают суппорт в предусмотренное картой наладки нулевое положение, используя декадные переключатели «Сдвиг нуля».

9. Проверяют отсутствие информации на корректорах-переключателях и набирают значения, обеспечивающие получение при обработке требуемых размеров деталей.

10. Закрепляют заготовку в патроне.

11. Устанавливают переключатель режима работы в положение автоматической работы в режимах «По программе» или «По фазам».

12. Обрабатывают первую заготовку.

13. Измеряют изготовленную деталь и рассчитывают поправки, которые набирают на корректорах-переключателях.

14. Обрабатывают заготовку повторно в режиме «По программе».

15. Измеряют готовую деталь.

На этом наладка станка на изготовление партии деталей завершается. Перед тем как начать изготовление партии деталей в автоматическом режиме, нужно установить переключатель режима работы на пульте ЧПУ в положение «Автомат» и произвести обработку заготовок. В процессе обработки партии заготовок необходимо осуществлять контроль за состояни-

ем инструмента и программы. Вводимая программа контролируется с помощью системы индикации, предусмотренной в ЧПУ.

В дальнейшем, пользуясь корректорами, поддерживают размеры изготовленных деталей в поле допуска.

Если при проверке работы пульта и станка на холостом ходу программа выполняется со сбоями или другими неполадками, оператор прекращает наладку станка, вызывает дежурного наладчика или слесаря и ставит в известность мастера участка.

К наладке и работе на станках с ЧПУ и к их обслуживанию допускаются лица, изучившие конструктивные и технологические особенности станков и получившие удостоверение на право эксплуатации этих станков.

## 20.2. Инструмент для токарных станков с ЧПУ

В станках с ЧПУ применяют режущий инструмент общего назначения, т.е. инструмент, которым работают на станках с ручным управлением. Однако к инструменту, предназначенному для станков с ЧПУ, предъявляют повышенные требования по жесткости, взаимозаменяемости, качеству заточки, износостойкости и т.д.

Для крепления инструмента применяют инструментальные державки и резовые оправки. Режущий инструмент настраивают, изменяя его положение в инструментальной державке. Если в суппорте станка или револьверной головке закреплены резовые оправки, то в них устанавливают настроенные на размер малогабаритные резовые вставки (рис. 20.1).

В большинстве современных станков для крепления режущего инструмента используют инструментальные державки (рис. 20.2) и резовые блоки (рис. 20.3, а, б), так как в этом случае отпадает необходимость в специальном режущем инструменте. Наиболее важными требованиями, которые предъявляют к резовым блокам, являются точная и стабильная установка блока в суппорте станка (погрешность установки должна быть в пределах 0,001—0,003 мм) и малая масса блока. Устано-

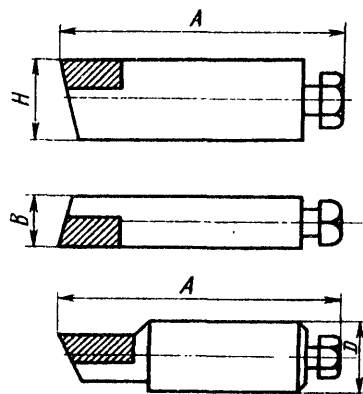


Рис. 20.1. Резцовые вставки с предварительно настроенным размером  $A$ :

$H$  и  $B$  — высота и ширина реза,  $D$  — диаметр круглого реза

вочными поверхностями у резовых блоков служат чаще всего призмы и зубчатые рейки.

В станках с ЧПУ часто используют резы с механическим креплением многогранных неперетачиваемых пластин из твердого сплава (рис. 20.4).

На державках пластины закрепляют клином и винтом. Базируют пластины по центральному отверстию с помощью штифта  $\varnothing 6$  мм. Пластины различают по материалу, форме и размерам. По форме пластины характеризуются диаметрами описанных вокруг граней окружностей.

Особенностью неперетачиваемых пластин является то, что при эксплуатации нет необходимости в их заточке. После затупления одной режущей грани пластину разворачивают и вводят в работу другую грань. При повороте пластины вершина режущей кромки сместится (до 0,2 мм) от предыдущего положения. В этом случае на пульте станка вводят корректировку исходного положения суппорта. Используя корректоры положения, получают размеры (после обработки) требуемого качества (поле допуска) без снятия резового блока со станка для подналадки в приспособлении. Можно работать одним стержнем, производя замену только твердосплавных пластин.

Для обработки отверстий на станках с ЧПУ используют сверла, зенке-



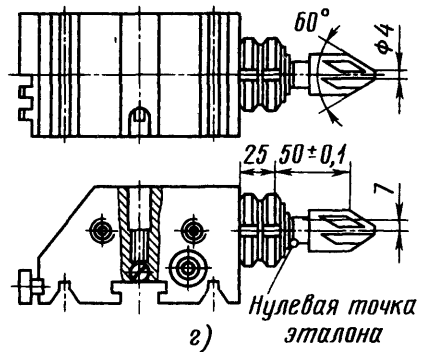
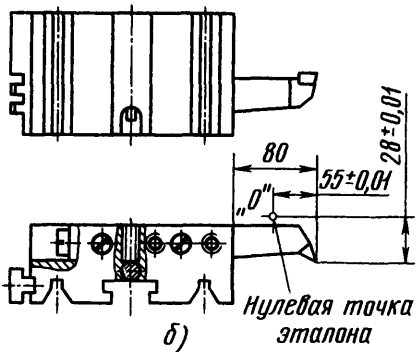
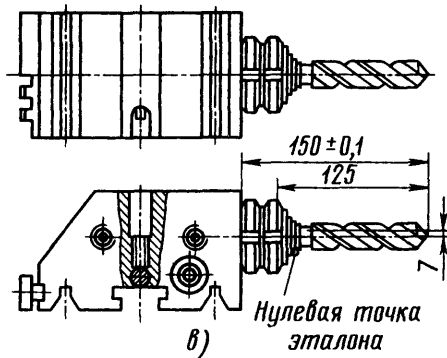
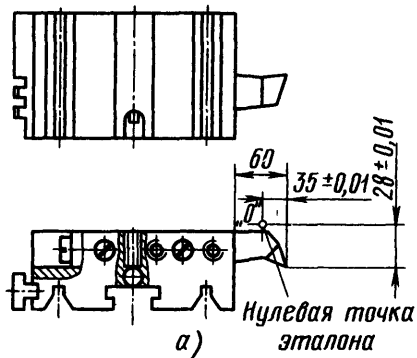


Рис. 20.2. Инструментальные державки:

а — для реза, б — для расточного реза, в — для сверла, г — для зенковки

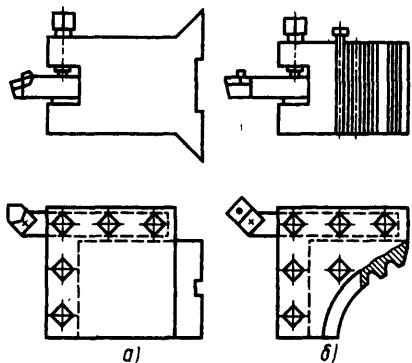


Рис. 20.3. Резцовые блоки без предварительной настройки на размер (а, б)

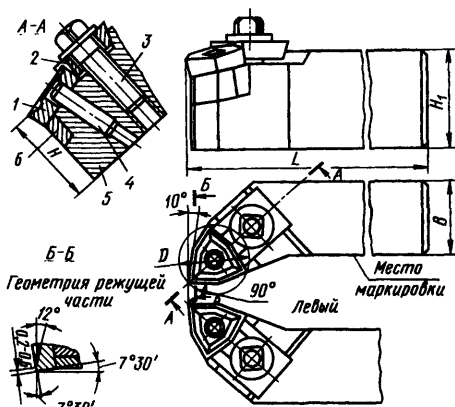


Рис. 20.4. Сборные резы с механическим креплением непортативных твердосплавных пластин:

1 — твердосплавная пластина, 2 — клин, 3 — винт зажима клина, 4 — базирующий штифт, 5 — корпус, 6 — твердосплавная подкладка, L, H, H<sub>1</sub>, B — конструктивные размеры реза

ры, развертки как обычного исполнения, так и с цилиндрическим хвостовиком, поводком и винтом для установки их вылета (рис. 20.5).

Для чистой обработки отверстий диаметром свыше 20 мм используют расточные оправки с микрометрической регулировкой (рис. 20.6). Резец 1 смонтирован во втулке 3, в которой он может совершать поступательное движение с помощью лимба-гайки 2 относительно оправки 4.

Смена инструмента в станках с ЧПУ с револьверными головками производится автоматически. В соответствии с управляющей программой после окончания резания инструмент отводится от заготовки, заменяется, а затем снова подводится в исходную позицию. Причем сначала осуществляется быстрый подвод инструмента в зону резания, а потом — подача на рабочей скорости.

Для выполнения требований по стабильности создания и эксплуатации режущего инструмента необходимо соблюдать следующие условия: максимально использовать твердосплавные неперетачиваемые пластины с механическим креплением в корпусе инструмента; применять наиболее рациональные формы пластин, обеспечивающие возможность обработки одним резцом большого числа поверхностей; унифицировать основные и присоединительные размеры инструмента (например, одинаковые присоединительные размеры для резцов с одинаковыми углами в плане), что создает удобства для программирования технологических операций; повышать точность изготовления инструментов.

При обслуживании станков с ЧПУ применяют универсальные приборы для наладки режущего инструмента на размер вне станка. Приборы имеют

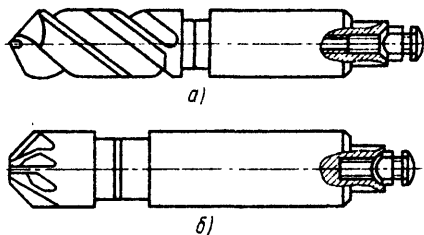


Рис. 20.5. Инструмент для станков с ЧПУ: а — сверло, б — зенковка

базовую поверхность, на которой устанавливают переходник для инструментальных блоков и визирное устройство, перемещающееся относительно базовой поверхности по двум взаимно перпендикулярным горизонтальным координатам.

На рис. 20.7 показан прибор, предназначенный для размерной наладки режущего инструмента. В приборе используют окулярный микроскоп с  $30\times$  увеличением. Проверку положения режущих инструментов по вертикали осуществляют индикатором 1, установленным на стойке. Продольное перемещение каретки с микроскопом равно 300 мм, поперечное — 200 мм. Точность установки инструмента по каждой координате 0,005 мм.

Настройку инструментальных блоков осуществляют следующим образом: Инструментальный блок 3 устанавливают на переходной плите 4, монтируемой на плите 5 приспособления. Переходную плиту предварительно устанавливают на плите 5 приспособления с помощью эталонного блока 6 так, чтобы при подводе каретки приспособления с микроскопом 2 вершина эталонного блока совпала с перекрестием осей в поле зрения микроскопа. При этом перед индикатором 1 отсчета по оси X устанавливают концевую меру, соответствующую расстоянию вершины эталонно-

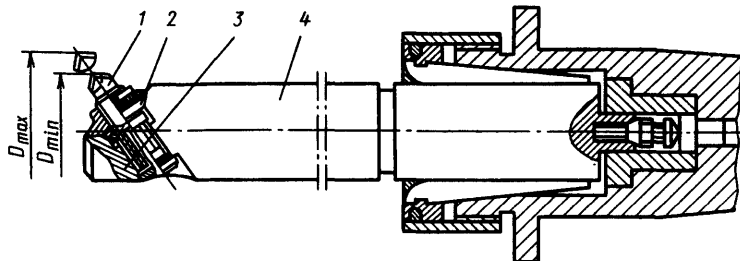


Рис. 20.6. Расточная оправка для станков с ЧПУ

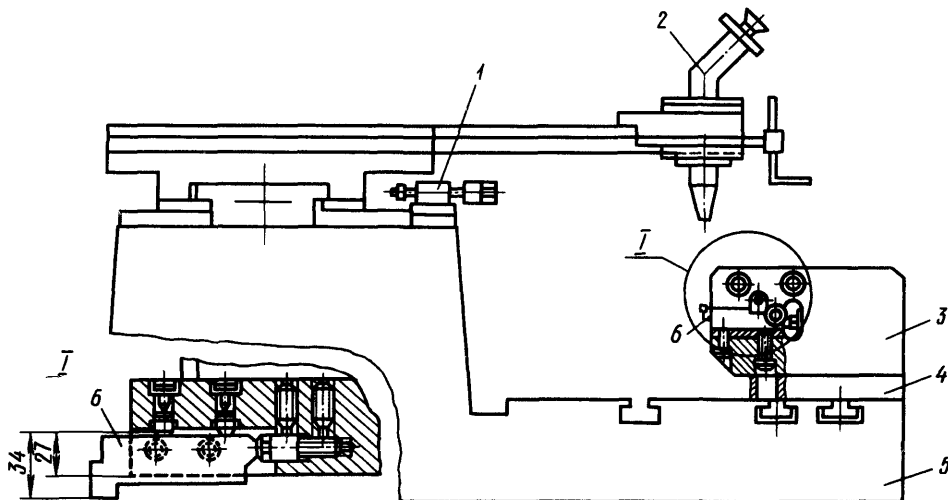


Рис. 20.7. Прибор для размерной наладки инструмента

го блока от расчетной базовой плоскости резцедержателя. После закрепления переходной плиты на плите, приспособления в указанном положении эталонный блок снимают и перед индикатором 1 устанавливают соответствующие концевые меры. Каретку приспособления с микроскопом 2 подводят к нулевому положению. Настраиваемый блок устанавливают в переходной плите приспособления и настраивают так, чтобы вершина инструмента совпала с перекрестием осей в поле зрения микроскопа в нулевом положении каретки микроскопа.

### 20.3. Органы управления станками. Подготовка системы ЧПУ к работе

**Устройство ЧПУ Н22-1М.** Токарные станки с ЧПУ имеют несколько пультов управления, один из которых размещен в устройстве ЧПУ, а другие (один или два), предназначенные для оперативного контроля и управления работой механизмов станка, размещаются ближе к его рабочей зоне. На эти пульты выносятся, как правило, дублирующие команды с пульта устройства ЧПУ (автоматическая перемотка ленты в исходное положение, запуск программы, ее останов, поворот револьверной головки и др.).

Устройство ЧПУ Н22-1М (рис. 20.8) предназначено для программного управления токарными станками, выполняющими

прямоугольную, конусную и фасонную обработки.

На передней панели устройства ЧПУ расположены следующие органы управления: кнопка «Пуск» — пуск устройства в любом режиме; клавиша «Стоп подачи» — прекращение подачи в любом режиме; переключатель «Подача» на одиннадцать положений; переключатель режимов работы на девять положений; тумблер (6 Гц/400 Гц); кнопки «Логика» и «Привод», действующие в режиме «Сброс»; клавиши под общей надписью «Останов», технологический останов и конец кадра; клавиша «Пропуск кадра»; кнопки «Быстрый ход» и «Шаг»; переключатели (+X, -X, +Z, -Z) задания безразмерных перемещений в режиме ручного управления; лампы индикации нормальной работы (Л1—Л7): сеть, работа, по OX, OZ, конец кадра, конец программы, технологический останов; лампы индикации ответов от станка (Л8—Л10): S, M, T; лампы индикации сбоев (Л11—Л13): ввод, ЧПУ, станок; клавишный переключатель «Индикации» (клавиши S и M предназначены для подключения к ячейкам цифровой индикации технологических команд); клавиши P<sub>r</sub>H<sub>x</sub> и P<sub>r</sub>H<sub>z</sub> для подключения устройства интерполяции к ячейкам цифровой индикации геометрической информации регистров P<sub>r</sub>H<sub>x</sub> и P<sub>r</sub>H<sub>z</sub>; аварийная кнопка «Стоп» с принудительным возвратом; лампы индикации состоя-

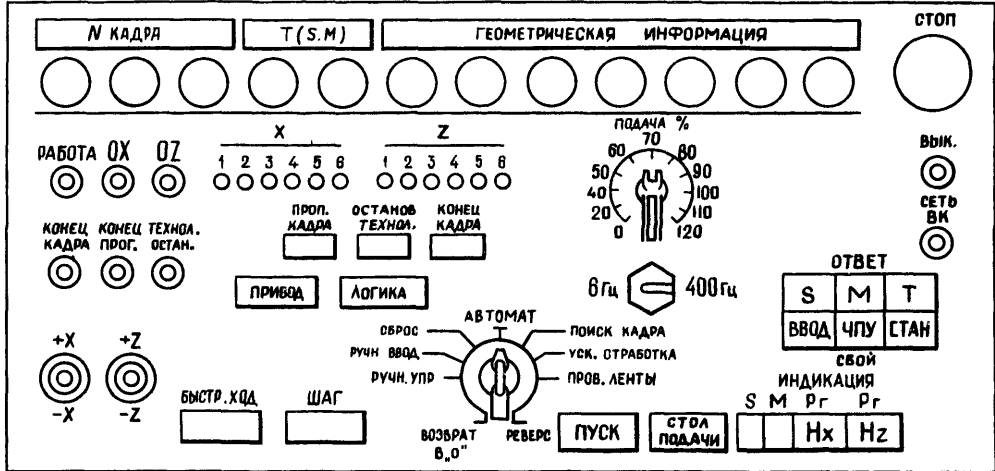


Рис. 20.8. Пульт программного управления устройства ЧПУ Н22-1М

ния фаз шаговых электродвигателей по осям  $X$  и  $Z$ ; лампы «Вык.», «Вкл.» и «Сеть». Переключатель режимов на девять положений задает следующие режимы работы системы:

1. «Автомат» — автоматический ввод программы за перфоленты. При нажатой клавише «Останов по концу кадра» происходит продвижение перфоленты на один кадр и отработка очередного кадра; каждый раз нажимается кнопка «Пуск». При нажатой клавише «Пропуск кадра» делается пропуск тех кадров программы, перед которыми набита метка «/» в коде ИСО. При нажатой кнопке «Останов технол.» программа останавливается на команде M001; при этом загорается лампа «Технологический останов». Продолжение программы производится сигналом от кнопки «Пуск». Лампа «Работа» загорается в момент приема информации в регистр рабочей памяти устройства интерполяции и гаснет в конце отработки геометрической информации. По окончании программы при команде M002 загорается лампа «Конец программы». Лампа «Конец кадра» сигнализирует об окончании ввода кадра.

2. «Ускоренная отработка» — данный режим аналогичен режиму «Автомат», но он выполняется на максимальной рабочей подаче. Этот режим рекомендуется использовать как контрольный при отработке новых программ.

3. «Поиск кадра» — автоматический

поиск кадра, номер которого задается на переключателе «Ручной ввод» с пульта коррекции. При этом вводится и обрабатывается только технологическая информация  $S$ ,  $M$ ,  $T$ ; выход устройства интерполяции заблокирован. Если в данном режиме нажать кнопку «Останов по концу кадра», то устройство будет производить покадровую отработку технологических команд до искомого номера кадра, после чего станок остановится. Запуск следующего кадра производится вручную кнопкой «Пуск» с пульта оператора.

4. «Ручной ввод» — ручное занесение информации с пульта коррекции и пульта оператора путем задания на клавишах и переключателе «Ручной ввод» соответствующей информации; ввод этой информации и ее последующая отработка. В этом режиме программа отработки вводится последовательно адрес за адресом, отработка вводимой информации производится с момента нажатия кнопки «Пуск».

Режимы «Автомат», «Ускоренная отработка» и «Ручной ввод» предусматривают ввод программы с перфоленты или переключателей ручного ввода и выдачу управляющих сигналов на станок после отработки исходной информации в устройстве ЧПУ.

5. «Ручное управление» — ввод безразмерных перемещений инструмента в направлениях  $+X$ ,  $-X$ ,  $+Z$ ,  $-Z$ ; при этом перемещение подвижных органов станка происходит по командам с пульта

оператора или выносного пульта станка путем включения соответствующих тумблеров перемещения по координате и направлению.

6. «Возврат в 0» — выход в нулевую точку станка вводом безразмерных перемещений по координатам  $X$  и  $Z$ . При фиксации в нулевой точке станка загорается лампа  $OX$  и  $OZ$ .

7. «Сброс» — установка системы в исходное состояние по сигналам от кнопки «Логика» (для всего устройства ЧПУ) или «Привод» (только для устройства управления шаговым двигателем).

8. «Проверка ленты» — контрольный режим проверки ленты перед работой, а также при работе в режиме «Автомат» или «Ускоренная отработка» в случае появления сигналов «Сбой» на пульте оператора.

9. «Реверс» — перемотка перфоленты назад до начала программы.

Переключатель «Подача» (на 11 положений и три направления) используется для регулирования подачи дискретно от 0 до 120 % программируемой величины.

Перед началом работы с системой ЧПУ Н22-1М необходимо установить все органы управления на пультах в исходное положение (все кнопки не нажаты; на переключателях набраны нули; тумблеры установлены в среднее положение). Затем устройство подключают к сети с помощью расположенного в шкафу электрооборудования станка пакетного выключателя, который установлен на стойке устройства управления шаговым приводом. При этом должна загореться лампочка «Сеть». С помощью кнопки «Вкл.» включают питание. При включении питания устройство автоматически устанавливается в исходное состояние.

Перед проверкой работоспособности устройства в режимах ручного ввода информации и работы от перфоленты по тест-программе необходимо включить фотосчитывающее устройство (ФСУ). Зажатая красная лампочка на передней панели устройства указывает, что ФСУ включено.

Одновременно загорается осветительная лампочка и начинает работать электродвигатель лентопротяжного механиз-

ма. Для установки перфоленты следует нажать кнопку «Отвод прижимных роликов», затем вставить перфоленту в лентопротяжный лоток так, чтобы ведущая дорожка находилась ближе к передней панели. Затем повторным нажатием вернуть кнопку в исходное положение.

После включения питания и ФСУ необходимо проверить работу устройства ЧПУ в режиме «Ручное управление». Для этого нужно нажать кнопку «Сброс» и, ставя последовательно тумблеры безразмерного перемещения по координатам в крайнее положение, убедиться в отработке перемещения по цифровой индикации. После этого устройство считается подготовленным к работе.

Устройство ЧПУ «Электроника НЦ-31». Данное устройство предназначено для управления токарными станками. Устройство обеспечивает ввод и редактирование управляющей программы (УП) с помощью клавиатуры пульта оператора, а также возможность передачи программы в кассету внешней памяти (КВД) для хранения вне станка и последующего ввода программы из КВД в систему управления станком.

Пульт устройства ЧПУ «Электроника НЦ-31» (рис. 20.9) состоит из трех цифровых индикаторов, трех наборов клавиш (табл. 20.1) и сигнальных лампочек.

Четырехразрядный цифровой индикатор 1 предназначен для индикации значений заданной подачи, а трехразрядный цифровой индикатор 2 — для индикации номера кадра или номера параметра станка (в режиме ввода или контроля параметров). Семиразрядный цифровой индикатор 3 (с обозначением знака «+» или «-» в крайнем левом разряде и цифр от 0 до 9 в каждом из следующих шести разрядов) предназначен для индикации числовой части буквенных адресов, кадров программы, параметров, технологических команд, положений суппорта станка и кодов аварийного состояния. Над лампочками индикатора 3 размещены восемь сигнальных ламп с буквенными обозначениями, которые указывают адреса цифровой индикации на лампочках индикатора.

Набор 4 состоит из 28 клавиш ввода буквенно-цифровой индикации, из них де-

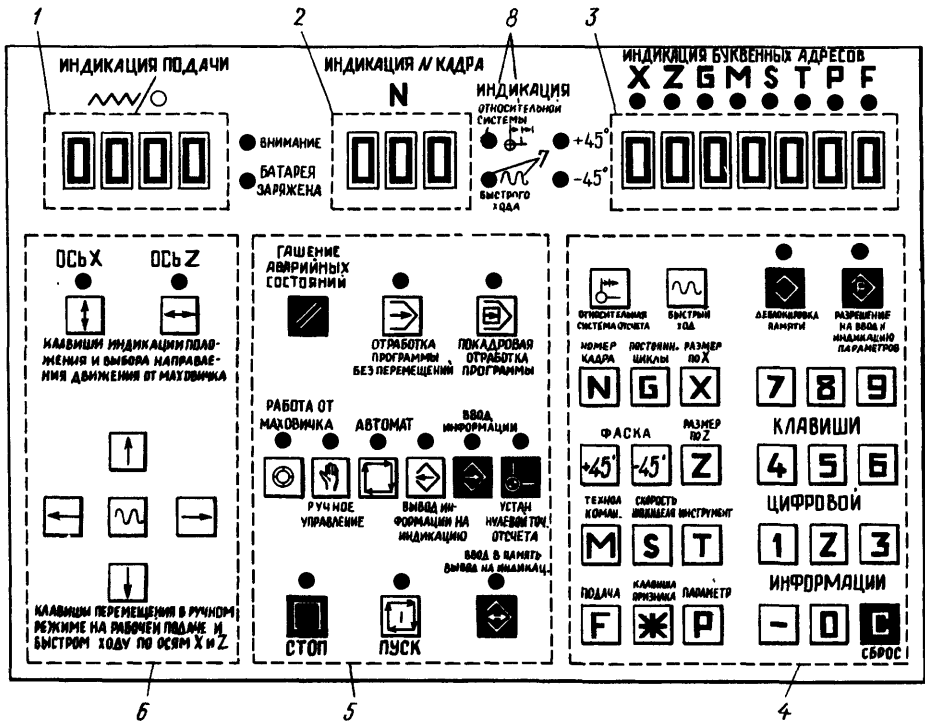


Рис. 20.9. Пульт устройства ЧПУ «Электроника НЦ-31»

сять клавиш, предназначенные для ввода цифр, имеют гравировку 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, а девять клавиш, предназначенные для ввода букв, имеют гравировку N, G, X, Z, M, S, T, F, P. При нажатии клавиш для ввода букв загораются соответствующие сигнальные лампы над индикатором 3.






Набор 5 из 12 клавиш предназначен для выбора режимов работы и управления работой системы. Шесть клавиш с сигнальными лампами в средней части набора задают режим работы, при этом предыдущий режим выключается. Три клавиши управления с сигнальными лампочками расположены в нижней части набора, а три клавиши управления в дополнительных подрежимах — в верхней части набора. Набор 6 из 7 клавиш для управления перемещениями суппорта в ручном режиме расположен в левой нижней части панели пульта.

Сигнальные лампочки (6 шт.) имеют следующее назначение: лампочка с надписью «Внимание» сигнализирует об ошибках и аварийных ситуациях; лампочка с надписью «Батарея заряжена» — об ава-









рии питания, в том числе о разрядке аккумулятора подпитки оперативной памяти; лампа 8 (см. табл. 20.1, п. 1) — о переходе системы в относительную систему отсчета; лампа 7 (см. таб. 20.1, п. 2) — о признаке быстрого хода (действует в режимах автоматической обработки и ввода УП); лампа с гравировкой «+45°» — о признаке перемещения под углом +45° (действует в режимах ввода и индикации УП); лампа с гравировкой «-45°» — о признаке перемещения под углом -45° (действует в режимах ввода и индикации УП).

Включение устройства ЧПУ «Электроника НЦ-31» производится при включении станка с помощью переключателя подачи питания и вводного автомата в соответствии с руководством по эксплуатации электрооборудования станка. При этом на пульте системы загорается сигнальная лампочка «Пуск» над клавишей (см. табл. 20.1, п. 17), которая горит несколько секунд. В это время происходит тестовый контроль работоспособности устройства. Если устройство исправно, то постоянно проходит циклическая проверка

## 20.1. Назначения клавиш устройства ЧПУ «Электроника НЦ-31»

№ п/п	Символ клавиши	Значение клавиши
<i>Клавиши буквенно-цифровой индикации</i>		
1		Задание признака системы отсчета при вводе УП; признак действует до отмены, т. е. до повторного нажатия этой клавиши. В режиме ручного управления клавиша вызывает подрежим выхода в фиксированную точку. Фиксированная точка станка — точка, определенная относительно нулевой точки станка и используемая для нахождения положения рабочего органа станка. Нулевая точка станка — точка, принятая за начало системы отсчета
2		Задание признака быстрого хода при вводе УП. Признак действует до нажатия клавиши ввода в память или вывода на индикацию кадров УП или параметров станка, т. е. его надо повторять каждый раз, как только он встречается в кадре программы
3		Деблокировка памяти в режиме ввода (с сигнальной лампочкой)
4		Разрешение на ввод и индикацию параметров системы (с сигнальной лампочкой)
5	+45°	Задание в УП признака снятия фаски под углом +45°
6	-45°	Задание в УП признака снятия фаски под углом -45°
7		Задание признака «звездочка», указывающего на вхождение кадра в группу
8	-	Знак минуса перед числовой частью
9	C	Сброс набранных на пульте буквенных адресов, чисел или признаков до ввода их в память

### *Клавиши для выбора режимов работы и управления работой системы*

10		Режим работы от маховичка (с сигнальной лампочкой)
11		Режим толкового перемещения от клавиш для управления движениями суппорта в ручном режиме
12		Автоматический режим (с сигнальной лампочкой)
13		Режим вывода на индикатор Z (см. рис. 22.10) введенных в память кадров УП и параметров (с сигнальной лампочкой)
14		Режим ввода (запоминания) кадров УП и параметров станка и устройства ЧПУ (с сигнальной лампочкой)
15		Режим размерной привязки инструмента (с сигнальной лампочкой)
16		Останов выполнения УП или отдельного цикла (с сигнальной лампочкой)
17		Запуск УП или отдельного цикла в автоматическом режиме и выполнение технологических команд в режимах «Ручной» и «Маховичок» (с сигнальной лампочкой)

№ п/п	Символ клавиши	Значение клавиши
18		Команда на ввод в память или вывода на индикацию кадров УП или параметров станков (в режимах, установленных клавишами вывода на индикацию и ввода кадров УП). Сигнальная лампочка используется для индикации признака «звездочка» (см. п. 7 данной таблицы) и включения команды $F$ (подача) в ручном режиме
19	//	Гашение состояния «Внимание» и команд, которые не должны дорабатываться до конца (клавиша без сигнальной лампочки)
20		Подрежим отработки программы без перемещения суппорта для контроля по индикатору (см. рис. 22.10) (с сигнальной лампочкой)
21		Подрежим покадровой отработки УП (с сигнальной лампочкой)
<i>Клавиши для управления перемещением суппорта в ручном режиме</i>		
22		Поперечное направление и индикация положения по оси $X$ . При нажатии на клавишу при вращении ручного маховичка суппорт перемещается в поперечном направлении, а при нажатии на клавишу во время автоматической отработки программы на цифровом индикаторе $Z$ (см. рис. 22.10) выдается информация о положении суппорта по оси $X$ (с сигнальной лампочкой)
23		Продольное направление и индикация положения по оси $Z$ . При нажатии на эту клавишу при вращении ручного маховичка суппорт перемещается в продольном направлении, а при нажатии на клавишу во время автоматической отработки программы на цифровом индикаторе $Z$ (см. рис. 22.10) выдается информация о положении суппорта по оси $Z$ (с сигнальной лампочкой)
Примечание. Обе клавиши после первого нажатия остаются во включенном положении, при котором горит соответствующая сигнальная лампочка. Клавиша и сигнальные лампочки выключаются при повторном нажатии		
<i>Клавиши толчкового перемещения в ручном режиме</i>		
24		— $X$ к оси точения } При задании подачи $F$ (мм/об) в ручном режиме и вращении шпинделя
25		+ $X$ от оси точения }
26		— $Z$ к шпиндельной бабке } При задании подачи $F$ (мм/об) в ручном режиме и вращении шпинделя
27		+ $Z$ от шпиндельной бабки }
28		Включение ускоренного перемещения по направлению — $X$ , + $X$ , — $Z$ , + $Z$ . Эта клавиша действует только в том случае, если при нажатии на нее одновременно нажимают на одну из четырех клавиш толчкового перемещения

ячеек системы ЧПУ и на индикаторе  $I$  (см. рис. 20.9) последовательно высвечиваются цифры 101, 201, 202, ..., 277. При правильном прохождении теста лампочка над указанной выше клавишей че-

рез несколько секунд начинает мигать. После чего следует нажать на эту клавишу, при этом сигнальная лампочка над ней погаснет, а на индикаторах  $I$  и  $2$  (см. рис. 20.9) загорятся нули, что



является сигналом готовности системы к работе. После этого необходимо нажать кнопку подачи напряжения на привод.

При задержке с включением подачи напряжения на привод система может воспринять это как неисправность по питанию, при этом начинает мигать сигнальная лампочка «Внимание», а на индикаторе  $Z$  (см. рис. 20.9) может появиться код 821. В этом случае следует погасить сигнал неисправности нажатием на клавишу «Сброс», а затем снова нажать кнопку подачи напряжения на привод.

Если после прохождения теста начинает мигать сигнальная лампочка «Внимание», то следует сбросить этот сигнал нажатием на клавишу гашения состояния «Внимание». После этого вновь загорается на несколько секунд лампочка над клавишей (см. табл. 20.1, п. 17) и контрольный тест повторяется. Если повторный тест прошел нормально и начинает мигать лампочка над указанной клавишей, то следует нажать на кнопку подачи напряжения на привод и начать работать на станке в требуемом режиме.

Если тест не прошел нормально, то начинают мигать лампочка «Внимание» и лампочки над клавишами (см. табл. 20.1, п. 13, 17) и загораются лампочки над адресами индикатора  $Z$  (см. рис. 20.9). Это значит, что в системе управления или на станке обнаружена неисправность. При нажатии на клавишу (см. табл. 20.1, п. 17) вызывается код неисправности, по которому можно определить причину неисправности и устранить ее (если это ошибка оператора или неисправность станка). Расшифровка кодов неисправности указана в инструкции по эксплуатации устройства.

При первом включении устройства ЧПУ необходимо ввести в память системы техническую характеристику станка. При повторном включении устройства в процессе его эксплуатации необходимо убедиться в том, что массив технической характеристики станка и управляющая программа находятся в исправном состоянии. Признаком неисправности массива служит код неисправности ( $X241XX$ ), при обнаружении которого необходимо произвести повторную запись технической характеристики станка. Признаком неис-

правности управляющей программы служит код неисправности  $X77X1XX$ . Если проведенная проверка показала, что станок и устройство ЧПУ готовы к работе, можно включить привод станка.

#### 20.4. Режимы работы оперативной системы управления

Оперативная система ЧПУ «Электроника НЦ-31» работает в следующих основных режимах: перемещение суппорта по двум координатам в ручном режиме от маховичка; перемещение суппорта по двум координатам в толчковом режиме от кнопки клавиатуры; режим размерной привязки инструмента; ввод программы обработки и параметров станка; автоматическое выполнение программы обработки; вывод программы обработки и параметров станка на индикацию; подрежим выхода в фиксированную точку.

В каждый момент времени можно работать только в одном из приведенных режимов. Переход от одного режима к другому осуществляется нажатием соответствующей клавиши из группы клавиш включения режима. После нажатия клавиши над ней загорается сигнальная лампочка, сигнализирующая о том, что система готова к работе в выбранном режиме. Предыдущий режим отменяется и устройство переходит в новый режим работы.

В режиме работы от маховичка можно перемещать суппорт по одному из направлений  $X$  и  $Z$ , вращая маховичок, и выдавать технологические команды  $M$ ,  $S$  и  $T$ , которые выполняются электроавтоматикой станка. Для работы в этом режиме необходимо нажать на клавишу (см. табл. 20.1, п. 10), при этом над ней загорается сигнальная лампочка, указывающая, что устройство готово к работе в режиме от маховичка.

Для поперечного перемещения суппорта следует нажать клавишу (см. табл. 20.1, п. 22), при этом загорается лампочка над ней и на индикаторе  $Z$  (см. рис. 20.9). Одновременно на индикаторе  $Z$  появится число, определяющее положение инструмента относительно выбранной нулевой точки или, если она не выбрана, произвольное число. Шкала ма-

ховичка разделена на 100 делений, цена одного деления при движении по оси  $X$  составляет 0,01 мм на диаметр.

При вращении маховичка по часовой стрелке суппорт идет от оси центров ( $+X$ ), а при вращении против часовой стрелки — к оси центров ( $-X$ ). Величина перемещения контролируется на индикаторе 3.

Если при перемещении суппорт наедет на конечный выключатель ограничения хода, то движение прекращается и загорается лампочка «Внимание». В этом случае вращением маховичка в обратном направлении отводят суппорт от конечного выключателя, а для того, чтобы погасить сигнальную лампочку «Внимание», нажимают на клавишу (см. табл. 20.1, п. 19).

Для продольного перемещения суппорта необходимо нажать на клавишу (см. табл. 20.1, п. 23), при этом выключается клавиша (см. табл. 20.1, п. 22) и над первой клавишей загорается сигнальная лампочка. Перемещение производится аналогично перемещению по поперечной оси. При вращении маховичка по часовой стрелке суппорт движется к задней бабке ( $+Z$ ), а при вращении против часовой стрелки — к передней бабке ( $-Z$ ). В режиме работы от маховичка можно параллельно с обработкой формировать управляющую программу.

Режим ручного управления используют для управления перемещениями суппорта от клавиши ручного управления как на быстром ходу, так и на заданной скорости рабочей подачи. Переход на этот режим производится нажатием клавиши (см. табл. 20.1, п. 11), при этом над ней загорается сигнальная лампочка, указывающая, что устройство готово к работе в ручном режиме.

Для укорененного перемещения суппорта необходимо одновременно нажать одну из клавиш толчкового перемещения (см. табл. 20.1, п. 24, 25, 26 или п. 27) и клавишу ускоренного перемещения (см. табл. 20.1, п. 28). Перемещение осуществляется только при нажатых клавишах. Индикация положения суппорта включается самостоятельно при нажатии одной из ранее перечисленных клавиш как с клавишей ускоренного перемещения, так и без нее.

Перемещение суппорта на скорости рабочей подачи производится только от клавиши толчкового перемещения или без клавиши ускоренного перемещения, но при этом должна быть введена заданная скорость подачи и включено вращение шпинделя.

Например, необходимо ввести подачу (29-й дискрет) на оборот. Для этого следует нажать клавишу  $F$  (при этом над ней загорается сигнальная лампочка), затем нажать клавишу 2 (при этом на цифровом индикаторе высвечивается цифра «2»), потом клавишу 9 (при этом цифра «2» смещается на одну ячейку влево, а цифра «9» занимает ее место). Ввод набранного значения подачи в устройство ЧПУ осуществляется нажатием клавиши (см. табл. 20.1, п. 18). Затем значение подачи (29-й дискрет) высвечивается на индикаторе 1 подачи (см. рис. 20.9).

Для осуществления движения в любом выбранном направлении необходимо нажать одну из клавиш толчкового перемещения (см. табл. 20.1, п. 24, 25, 26, 27). Введенное значение подачи сохраняется до введения нового значения подачи.

Подрезим выхода в фиксированную точку используют для фиксации исходной точки резцедержателя. Фиксированная точка служит для привязки измерительной системы устройства ЧПУ и нулевой точки станка, с которой затем осуществляется размерная привязка инструмента.

Положение фиксированной точки определяется положением конечных выключателей замедления, при наезде на которые происходит замедление быстрого хода и переход на ползучую подачу. Наезд на конечные выключатели может осуществляться в направлении, где предполагается положение фиксированной точки. Съезд с конечного выключателя также осуществляется в направлении, где предполагается положение фиксированной точки. Затем система ЧПУ следит за прохождением нулевой метки датчика положения. Прохождение нулевой метки датчика фиксируется и производится сброс ошибки положения привода. Одновременно блокируются кнопки, задающие перемещение, и снимается подрезим, при этом

прекращается пульсация сигнальной лампы.

Подрезим устанавливают нажатием клавиши (см. табл. 20.1, п. 1). Если привязка инструмента до этого не производилась, то на индикации высветится нуль. Если после вывода суппорта в фиксированное положение необходимо продолжить работу в режиме ручного управления, то нужно повторно вызвать этот режим. Вывод суппорта в фиксированное положение рекомендуется производить после включения устройства ЧПУ (устройство запоминает последнее положение суппорта в момент отключения), а также в тех случаях, когда возникают системные сбои устройства.

Режим размерной привязки и инструмента применяют в тех случаях, когда необходимо привязать режущий инструмент к измерительной системе устройства ЧПУ. Перед привязкой инструмента необходимо вызвать инструмент в рабочую позицию, т. е. набрать «Номер инструмента»  $T$  даже в тех случаях, когда на станке нет автоматической смены инструмента. Режим размерной привязки инструмента производят в такой последовательности:

1. Включают шпиндель и в ручном режиме подводят инструмент к заготовке.

2. В режиме работы от маховичка протачивают заготовку вдоль ее образующей.

3. Останавливают шпиндель и замеряют диаметр обработки (например, 152, 45 мм).

4. Устройство переводят в режим размерной привязки инструмента нажатием клавиши (см. табл. 20.1, п. 15) и замеренный диаметр вводят в память устройства (например, X15245), при этом индикатор адреса и числа гаснет.

5. Включают шпиндель и в ручном режиме подводят инструмент к торцу заготовки, а затем обтачивают ее торец.

6. Отводят режущий инструмент по оси  $X$  и останавливают шпиндель; замеряют расстояние от торца заготовки до заданных кулачков патрона. Из замеренной величины вычитают припуск по усмотрению оператора (3—7 мм). Например, из замеренного размера 98,37 мм вычитают 3,37 мм и получают 95 мм.

7. Устройство переводят в режим раз-

мерной привязки инструмента нажатием клавиши (см. табл. 20.1, п. 18), после чего замеренную величину вводят в память устройства (например, Z 9500). Относительно этой точки программируется начало обработки. Точку начала обработки выбирают с учетом погрешности установок заготовок.

Автоматический режим работы (и его подрезимы) предназначен для проверки и отладки правильности выполнения предварительно введенной управляющей программы (УП) для обработки. В автоматический режим работы устройство переходит при нажатии на клавиши в выборе режима (см. табл. 20.1, п. 12) и клавишу покадровой отработки (см. табл. 20.1, п. 21), над которой также загорается сигнальная лампочка.

Для безопасности отладки и проверки программы предусмотрены два дополнительных подрезима — отработка управляющей программы без перемещения суппорта и покадровая отработка.

В покадровом режиме после нажатия на клавишу включения рабочего цикла (см. табл. 20.1, п. 17) устройство обрабатывает один элемент УП (кадр или рабочий ход многоходного цикла). После этого устройство останавливается и сигнальная лампочка над клавишей включения рабочего цикла гаснет. Для отработки следующего элемента УП нужно повторно нажать эту клавишу.

Покадровый режим можно включать или отменять в любой момент (как во время выполнения УП, так и после ее отработки).

В подрезиме отработки УП без перемещения суппорта система только имитирует это перемещение, а остальные команды (например, технологические и изменения подачи) выполняет. Имитируемое перемещение можно наблюдать и проверить, включив индикацию положения нажатием на клавишу (см. табл. 20.1, п. 22) или на клавишу (см. табл. 20.1, п. 23). В этом случае на индикации высвечивается та величина, которая должна быть в действительности, если бы перемещение было отработано.

Подрезим отработки УП без перемещений суппорта можно включить или отключить только при условии, что кадр или

цикл отработан до конца. Возможна одно-временная отработка УП в покадровом подрежиме и подрежиме без перемещения суппорта.

Выполнение УП можно прерывать нажатием клавиши останова (см. табл. 20.1, п. 16), при этом останов УП происходит в любом месте траектории инструмента. Исключением является резьбонарезание, так как останов при этом происходит только после отвода инструмента в безопасное положение.

Во время выполнения УП на индикаторе номера всегда высвечивается номер того кадра, который в данный момент обрабатывается. Если же обрабатывается цикл, состоящий из нескольких кадров, то высвечивается номер первого главного кадра.

При выполнении технологических команд (как выполняемых электроавтоматикой станка, так и невыполняемых) производится их индикация. При этом загорается сигнальная лампочка соответствующего буквенного адреса, а на индикаторе числа выводится код.

Код технологической команды, выполняемой последней, можно проиндуцировать как во время выполнения УП, так и при остановках. Для этого нужно нажать клавишу выбранного буквенного адреса команды, а затем нажать клавишу вывода на индикацию (см. табл. 20.1, п. 18).

Режим вывода на индикацию производится нажатием соответствующей клавиши, при этом над клавишей загорается сигнальная лампочка.

В этом режиме особое внимание нужно уделять значению номера индикатора. Именно это значение указывает номер кадра программы или параметра, который выведен на индикацию в настоящее время или будет выведен в будущем.

Если сигнальная лампочка над клавишей разрешения индикации параметров (см. табл. 20.1, п. 4) горит, то индицируются параметры станка и устройства ЧПУ, а если не горит, то индицируются кадры программы обработки.

Для индикации последующего кадра не нужно набирать его номер, а достаточно нажать на клавишу ввода на индикацию. При этом номер кадра автоматически увеличивается на единицу и на индикации

будет выведен следующий кадр и его содержимое. Если еще раз нажать на эту клавишу, то произойдет то же самое. Таким образом, можно последовательно просмотреть всю программу или ее часть, начинающуюся заданным на индикации номером. После просмотра последнего 249-го кадра автоматически происходит переход на нулевой кадр.

При зажженной сигнальной лампочке над клавишей разрешения индикации (см. табл. 20.1, п. 4) можно таким же образом просмотреть параметры станка.

## 20.5. Подготовка, составление и ввод управляющей программы

В устройстве ЧПУ «Электроника НЦ-31» для составления и ввода программы обработки приняты следующие стандартные обозначения адресов и функций: *N* — номер кадра (от 0 до 999), *X* — поперечное направление, *Z* — продольное направление, *P* — параметры станка (команда передачи управления), *S* — команда на изменение частоты вращения шпинделя, *T* — команда на смену инструмента или позицию автоматического поворотного резцедержателя, *F* — подача или шаг резьбы в циклах резьбонарезания, *G* — технологические функции, *M* — вспомогательные функции.

Основные обозначения технологических функций: *G2* — обработка дуги менее 90° по часовой стрелке; *G3* — обработка дуги менее 90° против часовой стрелки; *G4* — выдержка времени; *G12* — обработка четверти окружности по часовой стрелке; *G13* — обработка четверти окружности против часовой стрелки; *G25* — обращение к подпрограмме обработки; *G31*, *G32*, *G33* — группа циклов резьбонарезания; *G55* — запланированный программный останов; *G60* — группа циклов условия движения; *G70*, *G71* — группа однопроходных циклов; *G73* — цикл глубокого сверления; *G74* — цикл обработки торцовой проточки; *G75* — цикл обработки прямых наружных канавок; *G77* — многопроходный цикл (параллельно оси *Z*); *G78* — многопроходный цикл поперечного снятия припуска (параллельно оси *X*); *G92* — автоматическое смещение нулевой точки

Основные обозначения вспомогательных функций: *M00* — останов управляющей программы обработки; *M3* — правое вращение шпинделя (против часовой стрелки); *M4* — левое вращение шпинделя (по часовой стрелке); *M5* — останов шпинделя; *M30* — конец управления программой обработки; *M38* — нижний диапазон частоты вращения шпинделя; *M39* — средний диапазон частоты вращения шпинделя; *M40* — верхний диапазон частоты вращения шпинделя.

Указанные диапазоны частоты вращения шпинделя устанавливаются вручную и контролируются с помощью путевых электропереключателей, связанных с рукояткой переключения диапазонов, расположенной на корпусе шпиндельной бабки. При включении номера диапазона в программу обработки программа выполняется только после установки рукоятки переключения в требуемое положение.

Для обозначения номера инструмента или позиции поворотного резцедержателя приняты следующие адреса: *T00—T99* — для резцедержателя, поворачиваемого вручную; *T1—T6* — для автоматического поворотного резцедержателя.

Перед составлением управляющей программы (УП) необходимо проанализировать чертеж детали и выбрать наиболее рациональный метод обработки; затем выбрать инструмент, подачу, частоту вращения шпинделя и глубину резания. Приступая к составлению УП на изготавливаемую деталь, следует учитывать следующее:

1. Если деталь имеет два установа, то УП составляется на каждый установ. При этом каждая из этих УП будет начинаться с нулевого кадра.

2. Отсчет размеров в УП ведется от «Нулевой точки» детали, которая на чертежах обозначается специальным знаком (см. табл. 20.1, п. 28).

3. Необходимо дать координаты «Исходной точки», смену инструмента по координатам *X* и *Z*. На чертежах эта точка обозначается специальным знаком (см. табл. 20.1, п. 28) и вводится в программу с признаком быстрого хода (перед кодом *T* и в конце программы).

4. Назначая припуски для чистовых контурных рабочих ходов, необходимо по-

мнить, что припуск по торцам не должен превышать 0,3 мм.

5. Если при обработке ступени выполняется либо проточка, либо подрезка торца, то отвод инструмента от обрабатываемой поверхности производится под углом  $\pm 45^\circ$ .

6. Если на чертеже детали встречаются переходы цилиндр — конус (и наоборот), торец — конус (и наоборот), дуга — конус (и наоборот), галтель — конус (и наоборот), то следует вводить поправки на размер для компенсации радиуса режущей кромки инструмента.

7. Если на чертеже детали задан угол конуса, то в УП вводят значения катетов, образующих этот конус.

УП составляется из последовательно вводимых элементов — кадров. Каждый кадр состоит из трех частей: номера, буквенного адреса с числом и при необходимости признака (например, признака быстрого хода, снятия фаски под углом  $\pm 45^\circ$  и др.). Для ввода кадров необходимо нажимом на клавишу режима ввода (см. табл. 20.1, п. 14) включить режим ввода кадров, а затем для разрешения ввода нажать на клавишу деблокировки памяти (см. табл. 20.1, п. 3), над которой должна загореться сигнальная лампочка; при этом клавиша индикации параметров (см. табл. 20.1, п. 4) не должна быть нажата, а сигнальная лампочка над ней не должна гореть. После ввода кадра вся информация на индикаторе *Z* (см. рис. 20.9) гаснет, кроме лампочки признака относительной системы, который сбрасывается повторным нажатием на клавишу признака системы (см. табл. 20.1, п. 1). При нажатии на клавишу ввода на индикацию (см. табл. 20.1, п. 13) произойдет сброс признаков адреса и числовой части, а признак относительной системы останется. Если после этого нажать на клавишу ввода в память (см. табл. 20.1, п. 18), то введется пустой кадр. До нажатия на клавишу ввода в память информацию можно редактировать и изменять, при этом в память введется информация в последнем варианте.

Если кадр надо отредактировать после ввода в память, то его надо вывести на индикацию нажимом на клавишу вывода на индикатор (см. табл. 20.1, п. 13), после

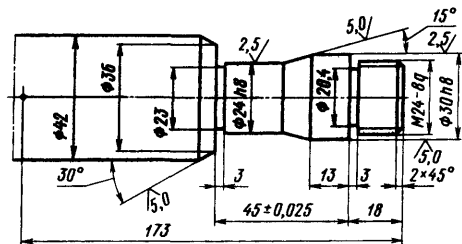


Рис. 20.10. Резьбовой валик

чего набрать нужный номер кадра и вывести его на индикацию нажимаем на клавишу ввода в память (см. табл. 20.1, п. 18). Затем надо перейти в режим ввода кадров, отредактировать кадр и снова ввести его в память, как указано выше.

Знак «—» можно вводить до или после цифр; повторное нажатие клавиши со знаком «—» отменяет ранее набранный минус.

Признаки быстрого хода и угла  $\pm 45^\circ$  взаимно исключают друг друга и не могут быть в одном кадре; при наборе одного из них остальные сбрасываются.

При покадровом вводе обычно набирают номер только первого кадра, так как после ввода этого кадра в программу номер кадра на индикаторе автоматически увеличивается на единицу.

Знак «Звездочка» (см. табл. 20.1, п. 7) отличает кадры, входящие в постоянную и повторяемую группы. Он вводится автоматически при использовании *G* циклов, при задании одновременного перемещения по двум координатам на рабочей или ускоренной подаче, а также при обработке конических поверхностей.

Знаком *F* задается контурная подача (мм/об), т. е. скорость перемещения по касательной к траектории фасонной поверхности. При программировании в абсолютной системе (для обозначения пути перемещения инструмента) обязательно задается координата конечной точки пути относительно нулевой точки.

Ниже приведена программа обработки заготовки «Резьбовой валик» (рис. 20.10) на станке с устройством ЧПУ «Электроника НЦ-31». Для этого включают оперативную систему управления и станок вводным автоматом и переключателем подачи питания. При этом пульте системы должна загореться лампочка над клавишей пуска (см. табл. 20.1, п. 17) и одновременно проходить проверяющая программа, т. е. тест, контролирующей работоспособность устройства.

При правильном прохождении теста лампочка над клавишей пуска будет мигать, а на индикаторе *I* подачи (см. рис. 20.9) должны высвечиваться номера проверенных тестов.

После 202-го теста можно нажать клавишу пуска, при этом лампочка над ней погаснет, а на индикаторе подачи и номе-

ра высветятся нули, т. е. система ЧПУ готова к работе. Затем включают блокировку пульта. Если параметры станка не введены в систему ЧПУ, то их можно ввести.

Ввод параметров станка производят в подрежиме работы с параметрами при деблокировке памяти. Для ввода параметров предназначена область с адресом *P*. Запись параметра этой области производят следующим образом: устанавливают режим ввода нажимом на клавишу ввода (см. табл. 20.1, п. 14), деблокируют область параметров нажимом на клавишу индикации (см. табл. 20.1, п. 4); нажимают клавишу *N* и набирают номер параметра; устанавливают адрес области *P*; записывают содержимое параметра, а затем включают привод.

Размерную привязку измерительной системы управления к базовой поверхности станка производят следующим образом: нажимают на клавишу (см. табл. 20.1, п. 1), после чего начинает пульсировать лампочка ручного режима, устанавливают рабочую подачу *F35*; включают главный привод *M3*; устанавливают частоту вращения шпинделя *S5*; с помощью клавиш ручного управления координатами подводят суппорт до конечных выключателей.

После наезда на конечные выключатели замедления происходит блокировка быстрого хода и выход на ползучую подачу. После съезда с конечных выключателей в направлении, где предполагается положение нулевой точки, система ЧПУ следит за прохождением нулевой метки датчика положения. Прохождение нулевой метки датчика фиксируется и система производит сброс ошибки положения привода. Одновременно блокируются клавиши, задающие перемещение, и снимается подрежим (прекращается пульсация лампочки). Для повторного цикла по другой оси

снова нажимают клавишу (см. табл. 20.1, п. 1) и производят все операции в той же последовательности.

Для контурного точения используют токарный сборный резец с механическим креплением многогранных неперетачиваемых пластин из твердого сплава; для проточки канавок — резец токарный канавочный; для нарезания резьбы — резьбовой резец.

Размерную привязку инструмента производят следующим образом: зажимают заготовку в патроне, нажатием на клавишу номера инструмента (*T1*) вызывают инструмент в рабочую позицию; включают шпиндель, устанавливают ручной режим нажатием на клавишу (см. табл. 20.1, п. 11) и подводят инструмент к заготовке; устанавливают режим работы от маховичка нажатием на клавишу (см. табл. 20.1, п. 10) и протачивают поверхность произвольного диаметра на длину, достаточную для замера, остановив шпиндель, измеряют полученный диаметр (например, 43 мм), нажатием на клавишу (см. табл. 20.1, п. 15) переходят в режим размерной привязки инструмента, затем нажатием на клавишу (см. табл. 20.1, п. 18) вводят в память системы полученный диаметр *X4300*; снова включают шпиндель, устанавливают ручной режим нажатием на клавишу (см. табл. 20.1, п. 11), подводят инструмент к торцу заготовки и протачивают торец на произвольную глубину; отводят инструмент по оси *X*, останавливают шпиндель и измеряют расстояние от обработанного торца детали до другого торца (например, 173 мм); переходят в режим размерной привязки инструмента нажатием на клавишу (см. табл. 20.1, п. 15), вводят в память системы нажатием на клавишу полученный размер *Z17300*.

Таким образом, привязывают первый инструмент и выбирают «Нулевую точку» детали. Относительно этой точки программируют начало программы. Для привязки последующих инструментов каждым из них необходимо коснуться уже проточенных цилиндрической поверхности и торца и ввести в память системы, полученные для каждого инструмента по осям *X* и *Z*.

Проанализировав чертеж детали (см. рис. 20.10), принимают следующий

технологический процесс обработки: многопроходное точение по контуру, точение диаметра под резьбу, многопроходное точение конуса, снятие фасок, проточку канавок, многопроходное нарезание резьбы.

Устанавливают ручную рукоятку переключения диапазонов частоты вращения шпинделя на шпиндельной бабке в положение, соответствующее верхнему диапазону *M40*. После этого нажатием на клавишу ввода (см. табл. 20.1, п. 14) включают режим ввода кадров. Затем для разрешения ввода нажимают клавишу деблокировки памяти (см. табл. 20.1, п. 3), при этом над ней загорится сигнальная лампочка, что указывает на готовность системы к вводу кадров.

Набирают на пульте оперативной системы кадры управляющей программы (УП) в последовательности, указанной в табл. 20.2. После набора управляющей программы и ввода ее в систему оперативного числового программного управления проводят проверку программы. Для этого отработывают всю введенную программу в покадровом подрежиме.

## 20.2. Последовательность набора кадров УП

№ кадра	Команда	Примечание
0	<i>M40</i>	Выбор диапазона частоты вращения шпинделя
1	<i>M3</i>	Включение вращения шпинделя
2	<i>S5</i>	500 об/мин
3	<i>F35</i>	Поддача 0,35 мм/об
4	<i>T1</i>	Вызов резца № 1
5	<i>Z17800</i> (см. табл. 20.1, п. 2)	Выход по оси <i>Z</i> в исходную точку цикла
6	<i>X4600</i> (то же)	Выход по оси <i>X</i> в исходную точку цикла
7	<i>G77</i> (см. табл. 20.1, п. 7)	Многопроходный цикл продольного точения
8	<i>X3100</i> (то же)	Координата по оси <i>X</i> последнего прохода цикла
9	<i>Z—6370</i> ( $\gg$ )	Длина каждого прохода цикла
10	<i>P300</i>	Глубина прохода
11	<i>X2500</i> (см. табл. 20.1, п. 2)	Выход по оси <i>X</i>

№ кадра	Команда	Примечание	№ кадра	Команда	Примечание
12	Z—1870 (см. табл. 20.1, п. 1)	Проточить $\varnothing 25$ на длину 18 мм по чертежу	36	F15	Подача 0,15 мм/об
13	X3200	Выход по оси X	37	T2	Вызов резца № 2
14	Z—1300 (см. табл. 20.1, п. 1 и 2)	Выход по оси Z на предварительную точку конуса	38	Z15500 (см. табл. 20.1, п. 2)	Выход по оси Z на прорезку канавки № 1
15	Z—1120 (см. табл. 20.1, п. 1 и 7)	Предварительная обточка конуса с учетом погрешности на радиус инструмента ( $R=1$ мм)	39	X3100 (то же)	Подход по оси X
16	X2500		40	S5	500 об/мин
17	Z11030	Обточить $\varnothing 24$ до $\varnothing 25$ предварительно на длину 62,8 мм (18+44,8)	41	X2030	Прорезка канавки $\varnothing 20,4 \times 3$
18	X4500	Отвод по оси X	42	X3800 (см. табл. 20.1, п. 2)	Отвод по оси X
19	Z17400 (см. табл. 20.1, п. 2)	Отвод по оси Z	43	Z11000 (то же)	Выход по оси Z на прорезку канавки № 2
20	X2000 (то же)	Выход на фаску по оси X	44	X2290 ( $\gg$ )	Прорезка канавки $\varnothing 23 \times 3$
21	S7	1000 об/мин	45	X10000 (то же)	Выход по оси X в точку смены инструмента
22	F25	Подача 0,25 мм/об	46	Z25000	Выход по оси Z в точку смены инструмента
23	Z—100 (см. табл. 20.1, п. 1)	Подход к торцу детали на рабочей подаче	47	T3	Вызов резца № 3
24	X2360—45°	Снять фаску $2 \times 45^\circ$	48	S6	710 об/мин
25	Z15500	Проточить $\varnothing 23,6$ окончательно на длину 18 мм	49	Z18300 (см. табл. 20.1, п. 2)	Выход в исходную точку цикла по оси Z
26	X2998	Выход на размер по оси X	50	X2700 (то же)	Выход по оси X в исходную точку цикла
27	Z—1300	Проточить $\varnothing 30h8$ окончательно	51	G31 (см. табл. 20.1, п. 7)	Функция цикла резьбонарезания
28	X2398 (см. табл. 20.1, п. 7)	Проточить конус окончательно	52	X2400 (то же)	Наружный диаметр резьбы
29	Z—1120 (см. табл. 20.1, п. 1)		53	Z15700 ( $\gg$ )	Координата по Z конечной точки резьбы
30	Z11000	Проточить $\varnothing 24h8$ окончательно на длину 63 мм (45+18)	54	P15000	Шаг резьбы
31	X3600	Выход на размер по оси X	55	P96	Глубина резьбы
32	Z—520 (см. табл. 20.1, п. 1)	Снять фаску $30^\circ$ на $\varnothing 42$	56	P30	Глубина первого прохода
33	X4200		57	X4600	Выход по оси X в исходную точку
34	X10000 (см. табл. 20.1, п. 2)	Выход по оси X в точку смены инструмента	58	Z17800	Выход по оси Z в исходную точку
35	Z25000 (то же)	Выход по оси Z в точку смены инструмента	59	M30	Конец программы

Включают автоматический режим нажатием на клавишу (см. табл. 20.1, п. 12); при этом автоматически включается покадровый режим и загораются лампочки над клавишами (см. табл. 20.1, п. 12 и 21). Затем нажимают на клавишу пуска (см. табл. 20.1, п. 17) и отработывают один кадр, при этом на индикаторе высветится содержание этого кадра. Если кадр УП был правильно набран и отрабо-



тан, то можно повторным нажимом на клавишу пуска отработать следующий кадр программы и так всю программу. В процессе проверки программы можно производить необходимые изменения в УП.

Выполнение УП в пошаговом режиме можно прервать в любой момент нажатием клавиши останова (см. табл. 20.1, п. 16). Для аварийного останова станка предусмотрена красная кнопка «Стоп» грибовидной формы с принудительным возвратом. Отработав УП в пошаговом режиме, снимают готовую деталь со станка и замеряют ее. При необходимости вводят в программу обработки коррективы. Затем обрабатывают заготовку повторно и снова измеряют полученную деталь. После этого можно изготавливать партию деталей в автоматическом режиме.

1. В какой последовательности выполняется наладка токарного станка?
2. Какие требования предъявляют к инструменту, применяемому на станках с ЧПУ?
3. Какие приспособления применяют для наладки режущего инструмента на размер?
4. Что вы знаете о системе ЧПУ H22-1M?
5. Что вы знаете об оперативной системе управления «Электроника НЦ-31»?
6. Как производится включение системы «Электроника НЦ-31»?
7. Какие вы знаете режимы работы оперативной системы управления?
8. Что такое фиксированная точка?
9. Как осуществляются подготовка, составление и ввод управляющей программы?
10. В какой последовательности осуществляется работа на станке с оперативной системой управления?

## 21. Токарно-револьверные станки

### 21.1. Основные типы токарно-револьверных станков

Токарно-револьверные станки предназначены для прутковых и патронных работ. По размеру заготовок токарно-револьверные станки подразделяют на малые (обрабатываемые прутки с максимальным диаметром  $d=25$  мм, заготовки, закрепляемые в патроне, диаметром до  $D=320$  мм), средние ( $d=80$  мм,  $D=500$  мм) и тяжелые ( $d=160$  мм,  $D=800$  мм).

Закрепление заготовки и сообщение ей необходимой частоты вращения осуществляется механизмами шпиндельной бабки 1, режущий инструмент закрепляется в револьверной головке 3 или в головке поперечного суппорта 4, которые сообщают инструменту движение подачи. Взаимное расположение и перемещение перечисленных частей станка определяется станиной 2.

По расположению оси вращения револьверной головки различают станки с наклонной (рис. 21.1, б), с вертикальной (рис. 21.1, в) и горизонтальной (рис. 21.1, а) осями вра-

щения револьверной головки. Горизонтальная ось револьверной головки может быть параллельной оси шпинделя станка или перпендикулярна этой оси.

У станков с программным управлением к основному обозначению модели станка добавляется один из следующих индексов: Ц — станки с цикловым программным управлением (1Г340Ц), Ф1 — станки с цифровой индикацией положения инструмента (1П365Ф1): Ф2 — станки с позиционными системами ЧПУ, Ф3 — станки с контурными системами ЧПУ (1В340Ф30).

В обозначении модели токарно-револьверного станка (например, 1Е316П) последние две цифры (16) обозначают наибольший диаметр круглого прутка, обрабатываемого на данном станке. Размерный ряд револьверных станков, выпускаемых отечественными заводами, включает станки для обработки круглого прутка диаметром 10, 16, 25, 40, 65, 100 и 160 мм. Наличие буквы (Е) между цифрами указывает на модернизацию станка, т. е. на новизну его конструкции. Буква (П) в конце цифрового обозначения модели станка указывает на его точность.

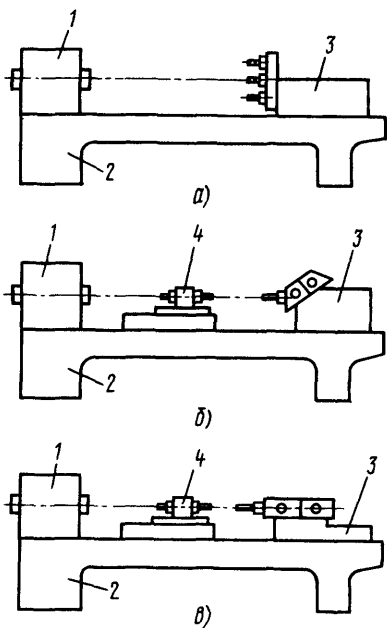


Рис. 21.1. Основные типы токарно-револьверных станков с горизонтальной (а), наклонной (б) и вертикальной (в) осями вращения револьверной головки:

1 — шпиндельная бабка, 2 — станина, 3 — револьверная головка, 4 — поперечный суппорт

## 21.2. Шпиндельная бабка, механизм подачи и зажима прутка

В корпусе ш п и н д е л ь н о й б а б к и смонтированы шпиндель и механизм подачи и зажима прутка (рис. 21.2).

Шпиндель 4 (полый стальной вал) смонтирован в шпиндельной бабке на подшипниках качения 2, 3 и 5. Передний конец шпинделя имеет фланец 6, к которому крепится патрон для установки заготовок. Гайками 7 и 8 регулируется зазор в подшипниках. На левом конце шпинделя установлен шкив 1, который одновременно служит приводом для шпинделя и цилиндром для зажима прутка.

Механизм подачи и зажима прутка размещается внутри шпинделя (рис. 21.3) и служит также для штучных заготовок в трехкулачковом патроне. К торцу фланца шпинделя болтами крепится корпус 6 цангового патрона, с помощью стопоров 7 неподвижно относи-

тельно шпинделя крепится цанга 9 со сменными вкладышами 10. Между корпусом 6 и цангой 9 перемещается подвижная цанга 8, которая приводится в движение поршнем 1 через трубу 3. При подаче масла в правую полость цилиндра 2 подвижная цанга перемещается влево и происходит скольжение конической поверхности подвижной цанги 8 по конической поверхности корпуса 6, этим обеспечивается сведение лепестков цанги 8, которые перемещают к центру сменные вкладыши 9 для закрепления прутка. При подаче масла в левую полость цилиндра 2 происходит освобождение прутка.

Подача прутка выполняется цилиндром 14, который крепится к шпиндельной бабке кронштейном 15. Масло, подаваемое в левую полость цилиндра, перемещает вправо поршень с ползуном 16, который через подшипник 17 связан с подающей трубой 4 со сменной подающей цангой 8, при этом происходит подача прутка. Вкладыш 10, подающая цанга 5 и кольца 18 являются сменными деталями и устанавливаются в соответствии с диаметром и формой обрабатываемого материала.

При подаче масла в правую полость цилиндра 14 отводится цанга 5 по прутку, зажатому в цанге 9, происходит набор прутка.

Для зажима деталей в трехкулачковом патроне 11 корпус цангового патрона 6, цанги 8 и 9, втулка 12 и труба подачи снимаются. На трубу зажима 3 навинчивается тяга 13 к патрону 11, который крепится к фланцу шпинделя.

## 21.3. Револьверные суппорты

Револьверный суппорт с вертикальной осью вращения револьверной головки перемещается по направляющим станины. Поворот револьверной головки может осуществляться вручную или автоматически при отводе револьверного суппорта (рис. 21.4). При отводе суппорта вилка 1 поворачивается относительно неподвижного упора 2 и поворачивает кулачок 5, который перемещает вверх револьверную головку 9 вместе с роликами 6. При этом выходят из зацепления зубья полумуфт 7 и 8, которые фиксируют положение головки. При даль-

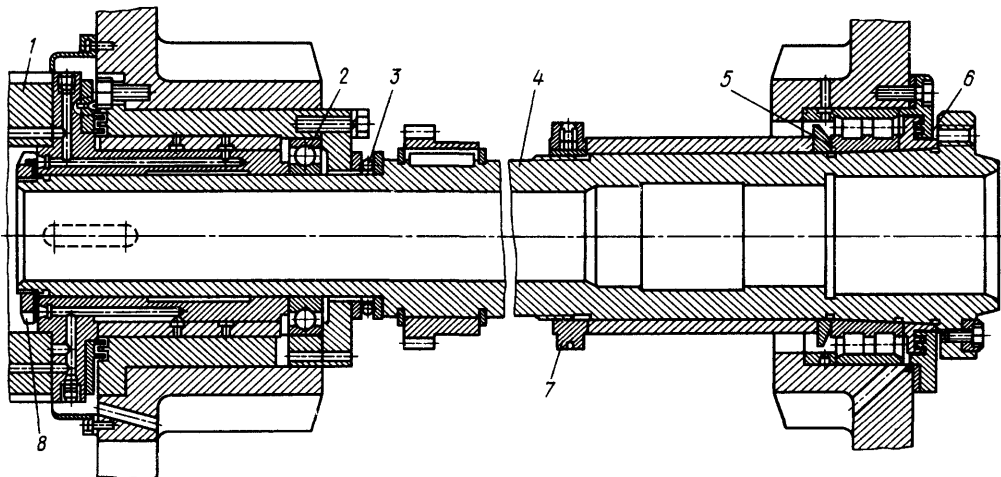


Рис. 21.2. Шпиндельная бабка станка модели 1Г340

нейшем повороте вилки 1 храповой механизм 3 поворачивает револьверную головку в следующую позицию. Для исключения перебега и для предварительной фиксации головки предусмотрены фиксаторы 11. При движении вперед вилка 1 поворачивается в обратную сторону, кулачок 5 опускает ролик 6 и головку 9, а полушпindelы 7 и 8 входят в зацепление и фикси-

руют положение револьверной головки. Усилие фиксации регулируется гайкой 10. Одновременно с поворотом револьверной головки через зубчатую передачу осуществляется поворот барабана 12 с регулируемыми упорами, число которых соответствует числу позиций инструмента в револьверной головке. Упоры ограничивают движение вперед салазок револьверной

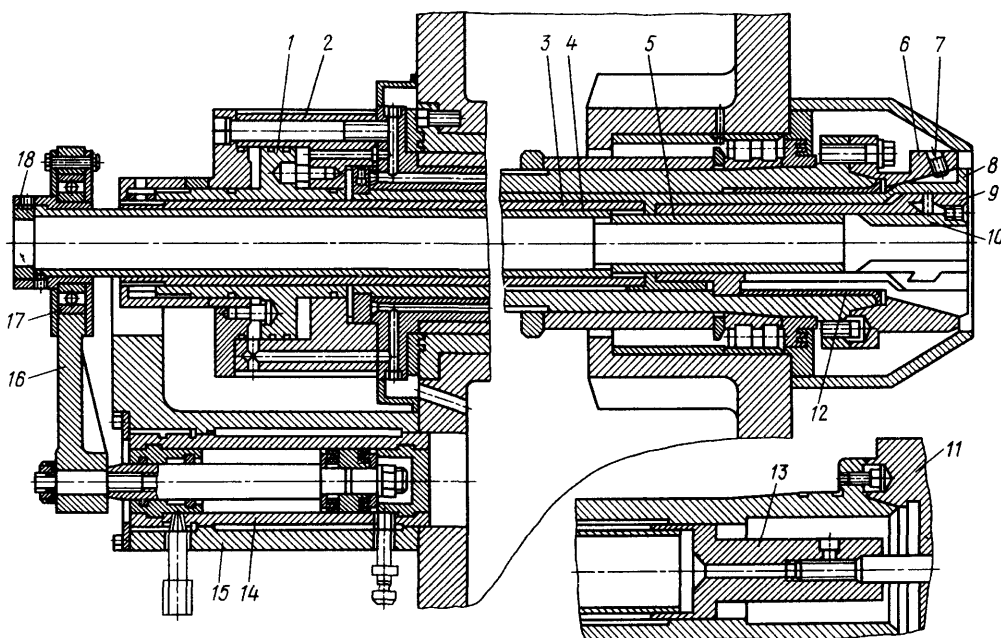


Рис. 21.3. Механизм подачи и зажима прутка на станке модели 1Г340

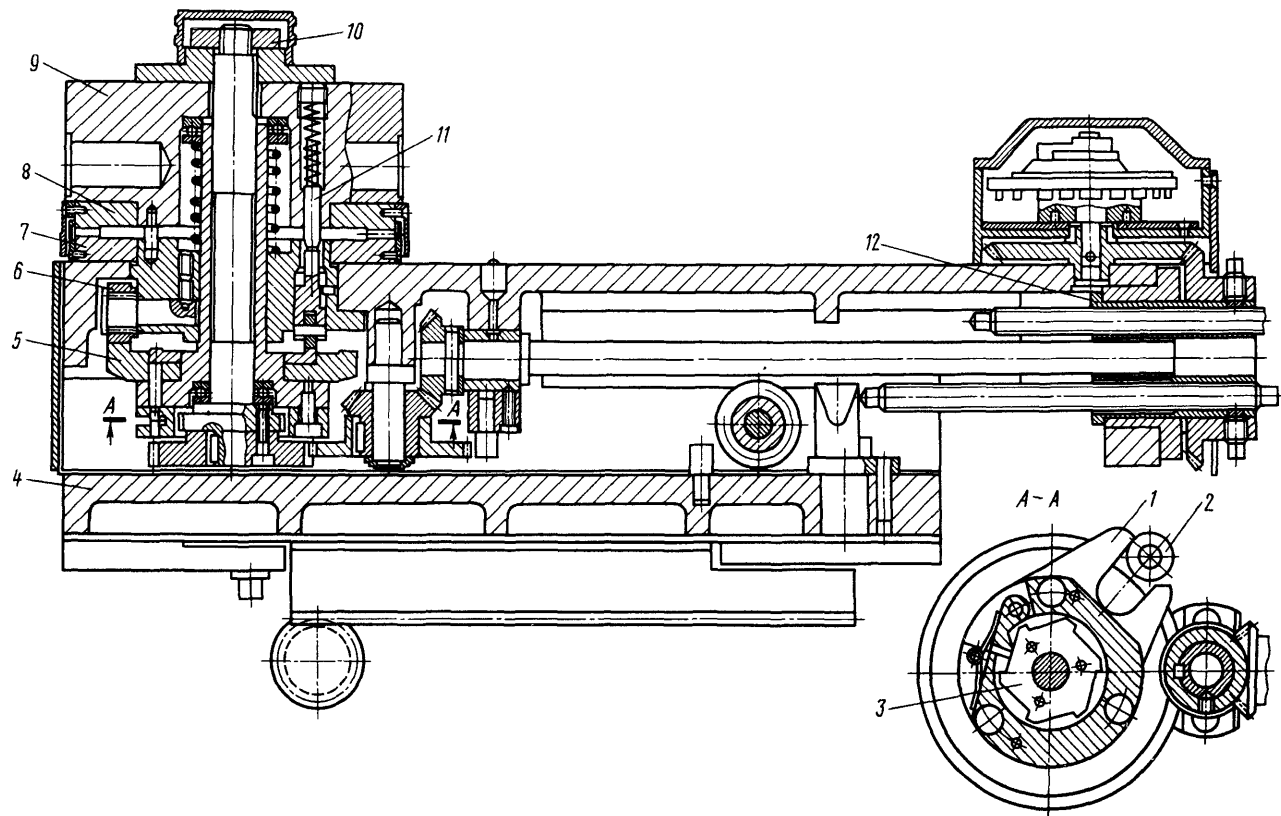


Рис. 21.4. Револьверный суппорт станка модели 1Е316П

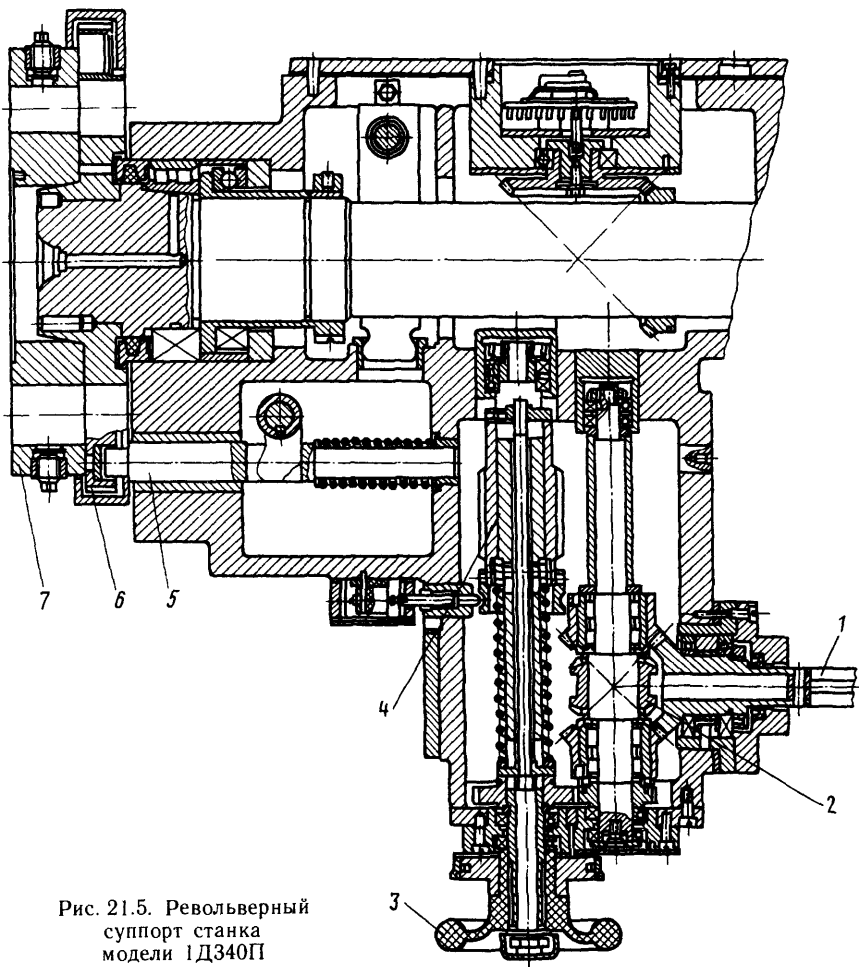


Рис. 21.5. Револьверный суппорт станка модели 1Д340П

головки относительно каретки 4. Длина выдвижения упоров устанавливается при наладке станка.

Револьверный суппорт с горизонтальной осью вращения револьверной головки обеспечивает ее вращение вокруг собственной оси и сообщает инструменту, установленному в ней, рабочие и вспомогательные перемещения.

Револьверная головка 7 с зубчатым венцом 6 (рис. 21.5) поворачивается вручную маховиком через вал шестерни, которая находится в зацеплении с венцом 6. Маховик, вал и шестерня на рисунке не показаны. Револьверная головка закрепляется в рабочем положении фиксатором 5. Механическое вращение сообщается головке от коробки подач через шлицевой

валик 1, зубчатую муфту 2, зубчатую муфту и червячную 4 передачи, которые валом шестерни соединяются с зубчатым венцом 6. Переключением зубчатой муфты 2 можно изменять направление вращения револьверной головки. Червячная передача 4 может получать вращение от маховика 3 для ручных точных круговых перемещений револьверной головки.

На правом конце вала револьверной головки находится барабан командоаппарата 1 (рис. 21.6) с числом продольных пазов, равным числу позиций револьверной головки. В каждом пазу находятся подвижные кулачки 2, которые через толкатели 3 нажимают на кнопки микропереключателей 4. Микропереключатели включают или выключают электромагнитные муфты коробок скоростей и подач или

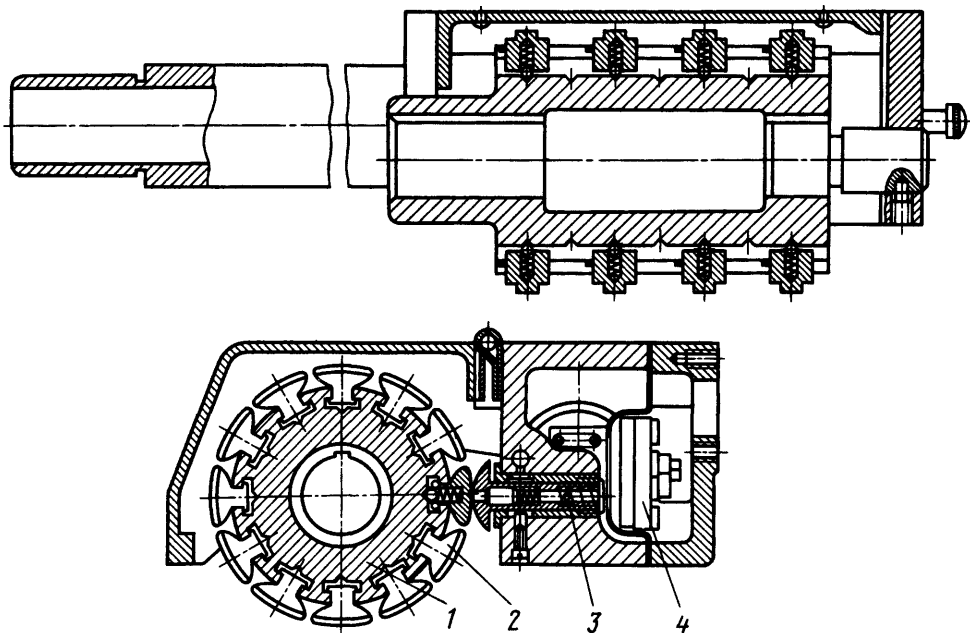


Рис. 21.6. Командоаппарат станка модели 1Г325

переключают скорость вращения двухскоростного двигателя коробки скоростей. Положение кулачков 2 определяется при наладке станка согласно технологической карте.

### 21.4. Кинематическая схема токарно-револьверного станка

Главное движение (вращение шпинделя) осуществляется (рис. 21.7) от электродвигателя  $M$ , через коробку скоростей и ременную передачу ее со шкивами  $d = 201$  и  $d = 155$  мм. Движение вращения с вала  $I$  передается валу  $II$  через зубчатые колеса  $z = 23$  и  $66$  или  $z = 58$  и  $31$  в зависимости от включения муфт  $m_1$  или  $m_2$ . Движение вращения с вала  $II$  передается валу  $III$  через зубчатые колеса  $z = 40$  и  $76$ ;  $z = 57$  и  $59$  или  $z = 27$  и  $89$  в зависимости от включения муфт  $m_6$ ,  $m_3$  и  $m_4$ . Включение муфт в различных сочетаниях обеспечивает шесть частот вращения шпинделя  $I$  от 200 до 3350 об/мин.

Подача поперечного суппорта 2 осуществляется от вала  $III$  коробки скоростей через ременную передачу со шкивами  $d = 98$  и  $d = 153$  мм и коробку подач. В ко-

робке подач движение вращения передается с вала  $V$  вала  $VI$  через зубчатые колеса  $z = 30$  и  $81$ , или  $z = 53$  и  $58$ , или  $z = 66$  и  $45$ . Движение вращения с вала  $VI$  передается валу  $VII$  через зубчатые колеса  $z = 30$  и  $81$  или  $z = 24$ ,  $45$ ,  $68$ . В зависимости от последовательности включения муфт  $m_6$ ,  $m_7$ ,  $m_8$  изменяются частота и направление вращения вала  $VII$  коробки подач.

Коробка подач через червячную передачу ( $u = 1/38$ ), зубчатые колеса  $z = 52$  и  $55$ ;  $z = 74$  и  $20$  соединена с ходовым винтом с шагом 4 мм поперечного суппорта 2.

Подача револьверного суппорта 3 осуществляется от ходового вала  $VII$ , соединенного с выходным валом коробки подач через зубчатые колеса  $z = 30$  и  $60$ ,  $z = 30$  и  $60$ , червячную передачу ( $u = 1/38$ ), зубчатые колеса  $z = 52$  и  $52$ , вал  $X$  и реечную передачу с колесом ( $z = 18$ ;  $m = 2$ ). Отвод револьверного суппорта в исходное положение производится от электродвигателя  $M_2$  через вал  $IX$ , колеса  $z = 45$  и  $45$ , червячную передачу ( $u = 1/38$ ) и далее по схеме, указанной выше.

При отводе револьверного суппорта в исходное положение происходит автома-

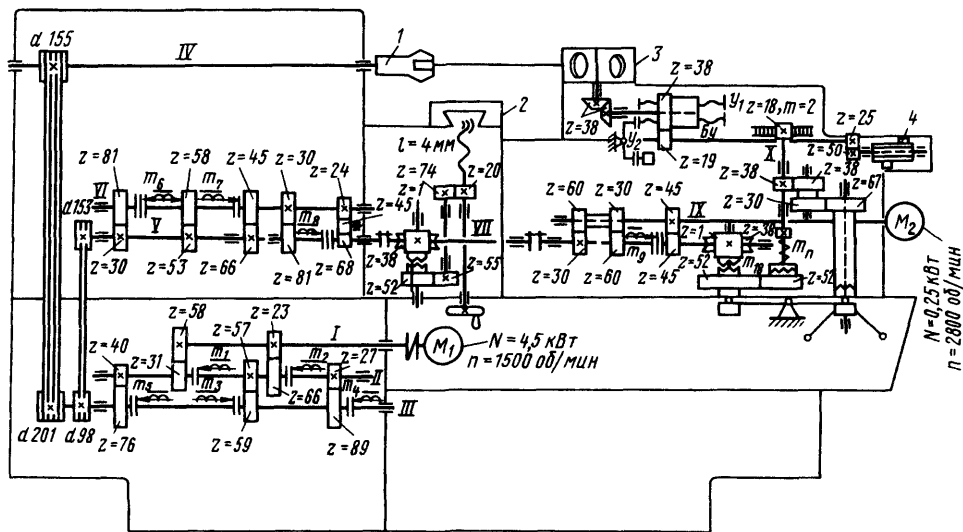


Рис. 21.7 Кинематическая схема токарно-револьверного станка модели IP365

тический поворот револьверной головки с помощью механизма (на схеме не показан). Вместе с револьверной головкой через колеса  $z=38$  и  $38$  поворачивается барабан упоров *Бу*. Настроенный упор  $У_1$ , соответствующий рабочей позиции револьверной головки, в конце рабочего хода (в крайнем левом положении) револьверного суппорта нажимает на неподвижный упор  $У_2$ , который через конечный выключатель переключает муфту  $m_9$  с рабочего хода на быстрый отвод.

Револьверная головка через зубчатые колеса  $z=38$  и  $19$  соединена с кулачковым барабаном командоаппарата  $4$ , которым осуществляется необходимая комбинация включения муфт коробки скоростей и коробки подач в соответствии с технологическим процессом.

Револьверный суппорт может перемещаться вручную штурвалом, который соединен с валом  $X$  зубчатыми колесами  $z=67$  и  $30$ ,  $z=38$  и  $38$ .

## 21.5. Особенности наладки и настройки токарно-револьверных станков

**Наладка.** Подготовка токарно-револьверного станка к работе заключается в установке приспособления для закрепления обрабатываемой детали, вспомогательного и режущего инструментов, в на-

стройке упоров для подачи прутков и ограничения хода суппортов, в установке органов управления (рукояток, кулачков, штекеров, переключателей и т. п.) для получения необходимой частоты вращения шпинделя и заданных подач режущего инструмента, в обработке двух-трех деталей, проверке пробных деталей и подналадке положения инструментов и упоров.

Перед установкой патрона необходимо протереть обтирочным материалом, слегка смоченным в керосине, резьбу, наружные и внутренние поверхности шпинделя и патрона, которые будут соединяться, слегка смазать их жидкой смазкой и установить патрон на шпиндель станка, зажимную и подающую цанги, соответствующие диаметру прутка.

Следующим элементом наладки является установка положения инструмента (рис. 21.8). Для чего на станке за основные отсчетные базы приняты при прутковых работах торец кожуха на шпинделе (для отсчета линейных размеров) и ось шпинделя (для отсчета диаметральных размеров). В качестве промежуточных отсчетных баз для державок инструментов револьверной головки приняты ось отверстия под хвостовик державки и опорный торец револьверной головки. Чтобы формообразующие режущие кромки инструментов занимали в конце рабочего хода заданные чертежом детали положения,

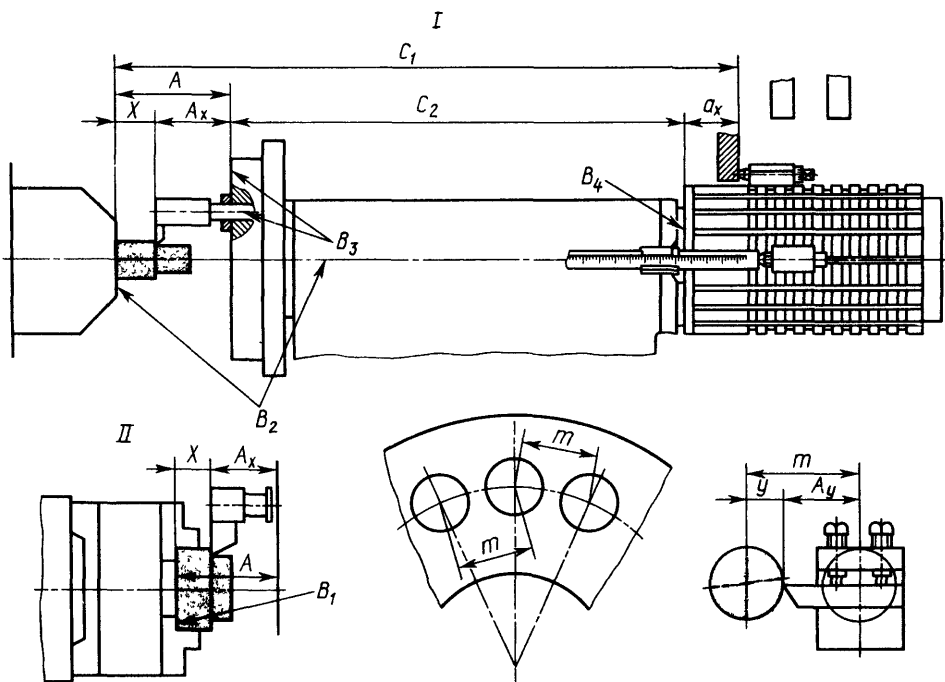


Рис. 21.8. Схема наладки инструмента и упоров:

*I* — работа в цанговом патроне, *II* — работа в трехкулачковом патроне;  $B_1$  — база детали,  $B_2$  — основные отсчетные базы,  $B_3$  — промежуточные отсчетные базы,  $B_4$  — отсчетная база глубиномера

инструменты снабжают расчетными настроечными размерами. Настроечные размеры или координаты положения вершин режущих кромок инструментов задают от промежуточных баз. Положение револьверной головки в конце рабочего хода определяется положением соответствующего регулируемого упора на барабане упоров.

Для патронных работ общие принципы наладки сохраняются, но в этом случае в качестве торцевой отсчетной базы принимается не торец кожуха, а опорный (под деталь) торец патрона после расточки кулачков.

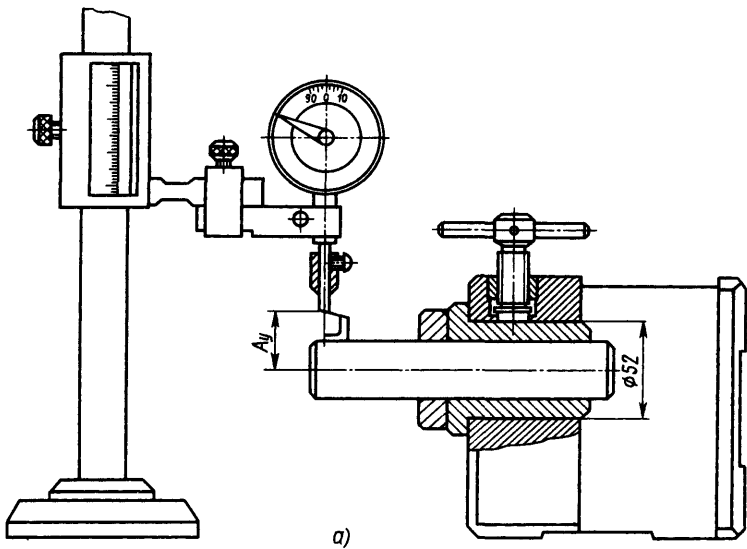
Настройку инструментов в державках производят вне станка с помощью приспособлений, приведенных на рис. 21.9, до установки в револьверную головку. Приспособление имеет три грани. В отверстие на одной из них вставляют хвостовик настраиваемой державки с инструментом. На хвостовике державки закреплено кольцо, базирующийся торец которого опирается на грань приспособления. В связи с уни-

версальностью приспособления имеется возможность устанавливать хвостовики различного диаметра через соответствующую возможность переходные втулки. Зажим хвостовиков в приспособлении производят так же, как и в револьверной головке с целью идентичного выбора зазоров. Расстояние от рабочих граней приспособления до оси отверстия под хвостовик настраиваемой державки точно задано и замаркировано на приспособлении. Настройку размеров  $A_x$  и  $A_y$  производят обычным штангенрейсмусом, оснащенный индикатором. Установку штангенрейсмуса на определенный размер с погрешностью до 0,01 мм осуществляют с помощью высотомера или набора концевых мер.

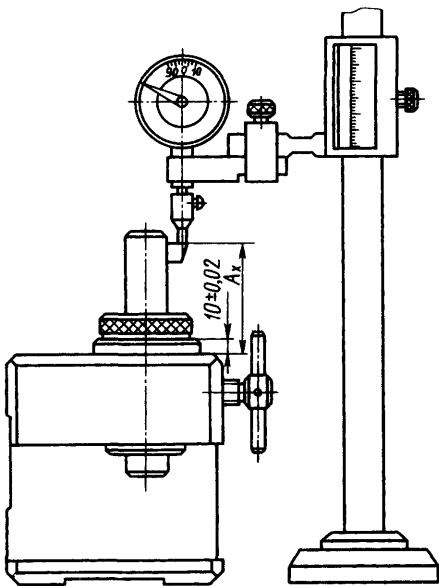
Барабан упоров настраивают на станке с помощью штангенвысотомера. Упоры круговых перемещений настраивают обычным способом.

Для настройки инструмента вне станка требуется определить постоянную величину  $C$ , необходимую для определения положения регулируемых упоров на бараба-





а)



б)

Рис. 21.9. Схема наладки инструмента вне станка:

а — установка диаметрального размера; б — установка осевого размера

имеется кольцо. Затем включают продольную подачу. После остановки суппорта упором на барабане оправку подают вперед до упора в кожух патрона и зажимают в гнезде револьверной головки. Кольцо доводят до торца головки и зажимают. Оправку вынимают из гнезда револьверной головки и с погрешностью  $\pm 0,5$  мм измеряют размер  $A_0$ , а с помощью штангенглубиномера — размер  $A_x$ ;  $C = A_x + A_0$ . На рис. 21.8 показана схема обработки произвольной детали инструментом, установленным в револьверной головке по следующим параметрам:  $C_1 - C_2 = C$ , следовательно,  $A_x = C - A_0 = C - (x + A_x)$ .

Для определения величины  $A_y$  необходимо определить отклонение величины  $m$  для различных позиций револьверной головки.  $A_y = m - y = m - (d/2)$ , где  $d$  — диаметр обрабатываемой детали.

Установку резцов в резцедержателе отрезного и поперечного суппорта производят по оси шпинделя станка так же, как на токарно-винторезном станке. Установка вершины резца отрезного суппорта по оси шпинделя обеспечивается перемещением резцедержателя относительно подвижной каретки. Положение вершин резцов горизонтальной головки относительно оси шпинделя достигается с помощью приспособления (рис. 21.11) вращением державки с инструментом вокруг оси хвостовика.

Регулировка механизма подачи и контроля наличия прутка сводится к настрой-

не. Обычно эта величина приводится в руководстве к станку. Для определения величины  $C$  регулируемый упор на барабане устанавливают в произвольное положение (рис. 21.10). В любое отверстие револьверной головки вставляют контрольную оправку, на хвостовике которой

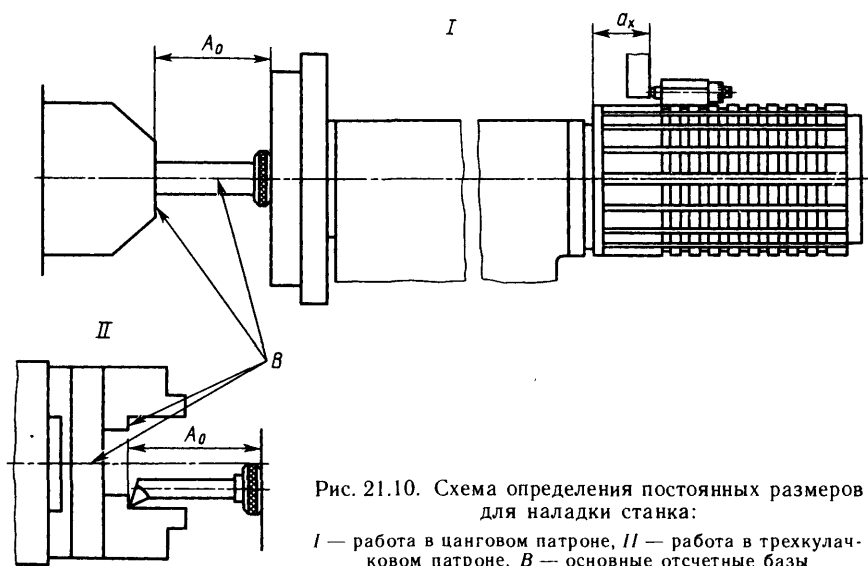


Рис. 21.10. Схема определения постоянных размеров для наладки станка:

*I* — работа в цанговом патроне, *II* — работа в трехкулачковом патроне, *B* — основные отсчетные базы

ке кулачков на барабане упоров и к регулировке механизма подачи прутка. Регулировка заключается в выборе определенной длины подачи прутка. Сначала на барабане упоров в исходной позиции устанавливаются кулачок 4 и жесткий упор так, чтобы револьверный суппорт ограничивал подачу прутка с минимальным запасом по длине (рис. 21.12). Затем следует подвести суппорт до жесткого упора 5, установить в исходной позиции револьверной головки подвижный упор 3 и подать пруток 2 до полного нажатия упора 3. После этого регулировочной гайкой 1 на механизме подачи прутка устанавливают необходимую длину *l* набора прутка.

Станки с продольным перемещением револьверного суппорта, не имеющие поперечного суппорта, а также поперечного перемещения револьверной головки, ограничены в технологических возможностях. На таких станках можно выполнять центровку, сверление, растачивание, развертывание, обтачивание, нарезание резьбы, подрезание широким резцом небольших торцов. Прочие работы, как, например, проточку канавок, подрезку широких торцов, обработку фасонных поверхностей, а также отрезку можно производить лишь в том случае, если имеются специальные державки, обеспечивающие перемещение резца в поперечном направле-

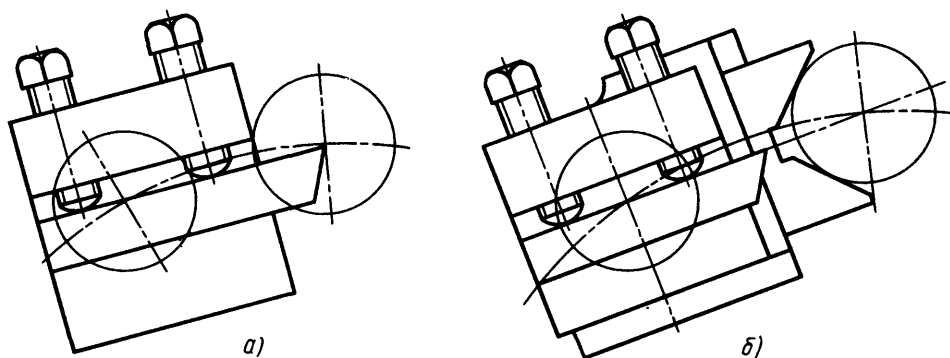


Рис. 21.11. Схема наладки инструмента по оси шпинделя: *a* — для отрезных и прорезных резцов, *б* — для обточных резцов

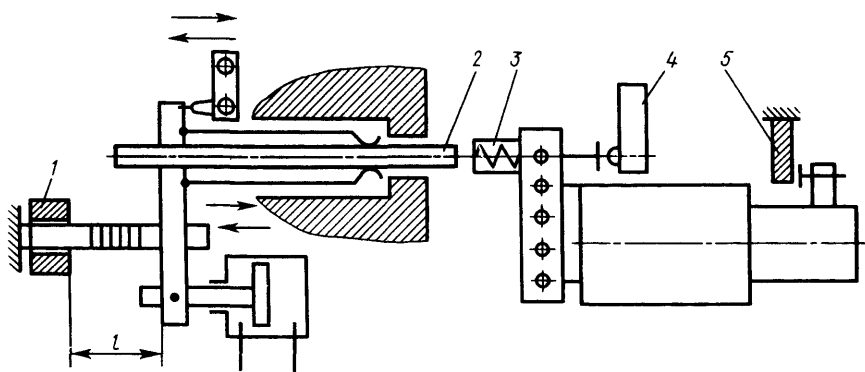


Рис. 21.12. Схема регулировки угла подачи и контроля наличия прутка

нии, или использовать вращение револьверной головки.

Для обработки детали, требующей фасонной обточки, а также отрезки, применяют станки с поперечным перемещением револьверной головки, снабженные отрезным или поперечным суппортом. Пример такой обработки приведен на рис. 21.13.

Наладка станка с вертикальной осью револьверной головки на изготовление простых деталей проще, чем станка с горизонтальной револьверной головкой. На-

ладка станка с горизонтальной револьверной головкой на одновременную обработку несколькими режущими инструментами проще наладки на ту же работу револьверного станка с вертикальной головкой, так как в этом случае используют более простые державки, чем для станка с вертикальной головкой.

При переналадке станков на обработку новой детали меняют револьверную головку (рис. 21.14) вместе с инструментами, установленными в нее предварительно.

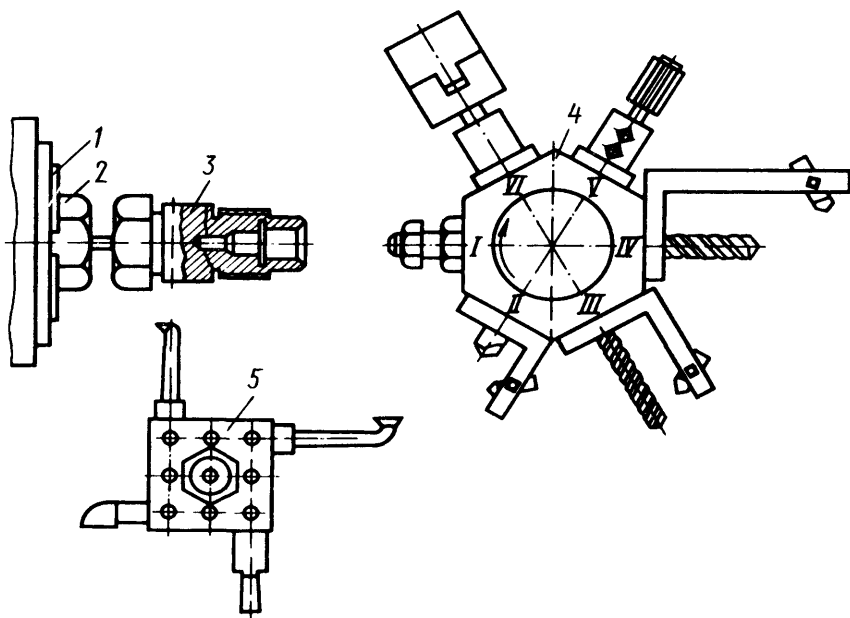


Рис. 21.13. Пример обработки на токарно-револьверном станке с револьверной вертикальной головкой:

1 — цанга, 2 — шестигранный пруток-заготовка, 3 — обработанная деталь, 4 — револьверная головка, 5 — резцедержатель, I—IV — позиции револьверной головки

Одновременно меняют и зажимное приспособление, соответствующее новой детали. Затем по эталону детали, закрепленному в патроне, регулируют упоры, обрабатывают заготовку и измеряют полученную деталь, при необходимости производят подналадку станка.

Обтачивание и растачивание цилиндрических поверхностей на токарно-револьверных станках осуществляют резцами, установленными в специальных державках, которые закреплены в револьверной головке или в резцовой головке поперечного суппорта. При обработке на токарно-револьверном станке с вертикальной осью вращения головки для уменьшения погрешности обработки и получения стабильных размеров резцы целесообразно устанавливать в револьверную головку в вертикальной плоскости. Этим устраняется влияние погрешности позиционирования на угол поворота револьверной головки.

В большинстве случаев, особенно при подналадке, когда нужно сменить затупившиеся резцы, снимают державку вместе с резцами и ставят новую с заранее установленными резцами по эталону детали или с помощью приспособления вне станка.

Длина проточки выдерживается упором. При обработке с помощью поперечного суппорта или регулируемых державок требуемый размер достигается методом пробных проточек.

При смене отдельных резцов необходимо обработать заготовку, отвести револьверную головку, заменить затупившийся резец заточенным и слегка закрепить его. Затем револьверную головку подводят к обработанной заготовке, резец прижимают к обработанной поверхности и окончательно закрепляют. После такого способа замены резца размер обрабатываемой детали остается прежним, таким же приемом заменяют фасонный резец.

Отверстия в детали можно обрабатывать также сверлами, зенкерами и другими мерными инструментами. Все инструменты закрепляют в головке жестко, кроме разверток, которые устанавливают в маятниковые державки. Рекомендуется применять развертки со спиральными зубьями для получения более точных

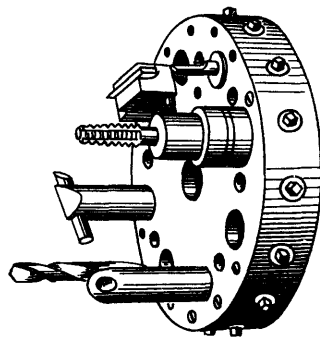


Рис. 21.14. Съемная часть горизонтальной головки

и чистых отверстий как гладких, так и с выемками вдоль образующей.

Сверление отверстий на токарно-револьверных станках рекомендуется выполнять перед продольной обточкой, особенно при обработке тонкостенных деталей. При совмещении этих операций сверление начинают раньше, чтобы глубина сверления опережала длину проточки проходным резцом. При неглубоких отверстиях (до 2—3  $d$ ) сверление производят без предварительной зацентровки. Для получения точных отверстий, а также при сверлении отверстий диаметром менее 3 мм и при глубине отверстий более 3  $d$  производят предварительную зацентровку заготовки. Она может производиться центровочными сверлами с углом при вершине  $2\varphi = 90^\circ$  или специальным резцом.

Обработку торцовых поверхностей выполняют различными инструментами, установленными в резцовую головку отрезного или поперечного суппорта или в револьверную головку. На станках с отрезным или поперечным суппортом подрезание торцов рекомендуется производить резцами, установленными в резцовую головку, при поперечной подаче. При обработке ступенчатых поверхностей могут применяться широкие резцы с использованием продольной подачи поперечного суппорта.

На станках с горизонтальной осью револьверной головки, не имеющих поперечного суппорта, торцы подрезают резцами, установленными в револьверную головку, при поперечной (круговой) подаче. Аналогичными приемами производят отрезание деталей или прорезку канавок на обрабатываемой поверхности (рис. 21.15). Изде-

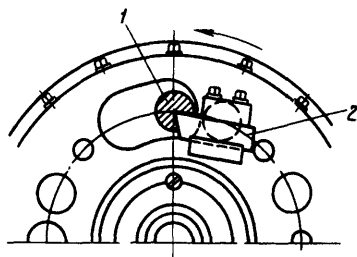


Рис. 25.15. Отрезание деталей на станках с горизонтальной осью вращения револьверной головки

лие 1 пропускается сквозь продолговатое отверстие револьверной головки и отрезается резцом 2.

При обработке на токарно-револьверном станке экономия основного времени достигается совмещением работы инструментов, установленных в револьверной головке и в поперечном суппорте, а также применением комбинированного инструмента и нескольких инструментов, установленных в общей державке и работающих одновременно. На рис. 21.16 показан пример наладки станка для одновременного изготовления двух деталей из одного прутка.

При одновременной обработке несколькими инструментами не рекомендуется совмещать черновые и чистовые переходы (зенкерование и развертывание, черновое обтачивание и чистовое растачивание и т. п.).

Для рационального использования револьверной головки ее оснащают дополнительным (дублирующим) комплектом инструментов, что позволяет повторить цикл обработки за один полный оборот головки и изготовить дополнительно одну деталь.

**Настройка.** После наладки токарно-револьверного станка производят его настройку. Перед настройкой станка на заданную частоту вращения шпинделя и на заданную подачу устанавливают рукоятку включения шпинделя в нейтральное среднее положение, рукоятки включения продольных и поперечных подач — в нерабочее положение. Перемещают поперечный суппорт к револьверному, так чтобы расстояние между ними было равно 100—150 мм.

Вначале производят настройку отдель-

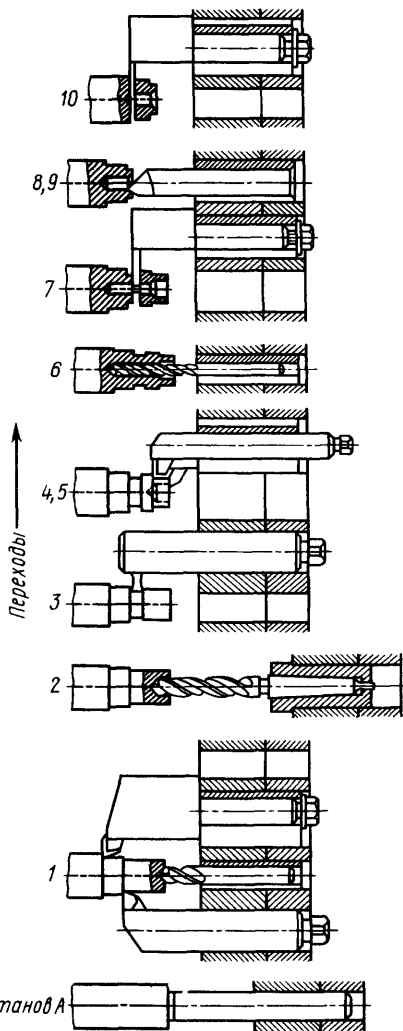


Рис. 21.16. Схема наладки станка с горизонтальной осью револьверной головки для одновременного изготовления двух разных деталей из одного прутка:

- 1 — одновременное обтачивание большего и меньшего диаметров и центровка заготовки,
- 2 — сверление отверстия большего диаметра,
- 3 — прорезка широкой канавки, 4 — обтачивание поверхности меньшего диаметра, 5 — подрезка торца, 6 — сверление отверстия меньшего диаметра, 7 — отрезка первой детали, 8 — расточка фаски, 9 — подрезание торца, 10 — отрезка второй детали

ных кинематических цепей станка (цепи главного движения и цепи подач), а затем устанавливают в определенное положение штекеры, переключатели и органы управления (рукоятки коробки скоростей и коробки подач) для получения требуемой

скорости резания и заданной подачи. Конкретное значение чисел оборотов шпинделя и ходового валика определяют, исходя из рациональных режимов обработки заготовки.

Правильный выбор режимов резания заключается в установлении наивыгоднейшего сочетания глубины резания, подачи и скорости резания, в полном использовании возможностей режущего инструмента и станка.

Режим резания обычно назначают так же, как и для токарно-винторезного станка. При этом учитывают:

возможность объединения переходов для одновременной обработки поверхностей заготовки инструментами, установленными в револьверной головке и на поперечном суппорте;

возможность выполнения переходов с одинаковыми режимами (частота вращения шпинделя и подача);

необходимость установки режима обработки для ряда одновременно работающих инструментов по инструменту, работающему в наиболее тяжелых условиях; обычно это инструмент, обрабатывающий поверхность наибольшего диаметра;

возможность установки такой скорости резания, которая будет соответствовать одной и той же частоте вращения шпинделя на всех переходах, что сокращает количество переключений по скоростям.

## 21.6. Цикловое программное управление станками

Управление работой станка может производиться в ручном режиме и по программе.

Системы циклового программного управления токарно-револьверными станками обеспечивают управление перемещениями суппорта с инструментом, выбор и переключение частот вращения шпинделя, подачи суппорта и выполнение других команд с помощью соответствующей установки штекеров в ячейки штекерной панели и переключателей на панели управления. Принцип действия штекерной панели показан на рис. 21.17.

Ячейки штекерной панели состоят из полуколец. Все левые полукольца  $1$  присоединены к общему проводу  $2$ , под-

ключенному к обмотке соответствующего реле  $P$ , которое управляет каким-либо механизмом станка или выполняет какие-либо команды. Все правые полукольца  $3$  присоединены к общему проводу  $б$ , подключенному через конечный выключатель  $ПВ$  к соответствующему контакту  $A$  переключателя  $5$ . Если контакт  $A$  подключен к сети, то штекер  $4$ , расположенный в верхнем ряду ячеек, включает соответствующее реле  $P_8$  и этим подает питание на привод рабочего органа станка (на рис. не показан) или аппарат. Движение рабочего органа станка осуществляется до тех пор, пока путевой упор, соответствующий установленному перемещению рабочего органа, не разомкнет верхние контакты и одновременно замкнет нижние контакты конечного выключателя  $ПВ$ . Электромагнит  $б$  притянет якорь, а храповик переключит шаговый переключатель  $5$  из положения  $A$  в положение  $A_2$ , в соответствии с этими положениями штекеров во 2-м ряду ячеек включатся реле ( $P_9$ ,  $P_8$  и др.) и будут выполнены соответствующие запрограммированные команды и т. д. После выполнения запрограммированного цикла команд рабочий орган станка разомкнет путевым упором верхние контакты конечного выключателя  $ПВ_2$  и одновременно замкнет нижние его контакты. Электромагнит  $б$  притянет якорь, а храповик переключит шаговый переключатель  $5$  в положение  $A_3$ , при этом будет выполняться цикл, запрограммированный штекерами в 3-м ряду ячеек, и т. д.

Для управления токарно-револьверными станками применяют штекерную панель (рис. 21.18), на которой имеется 25 горизонтальных строк (количество команд) и 16 вертикальных шин (количество позиций револьверной головки).

Цикл подачи прутка в автоматическом режиме на штекерную панель не вынесен, так как он всегда осуществляется в исходном положении револьверной головки, т. е. цикл обработки в автоматическом режиме всегда начинается с подачи прутка. Смена позиций револьверной головки осуществляется в строгой последовательности от 1 до 16. Для облегчения процесса программирования и устранения ошибок в установке штекеров применяют перфокарты, в которых пробиты отверстия

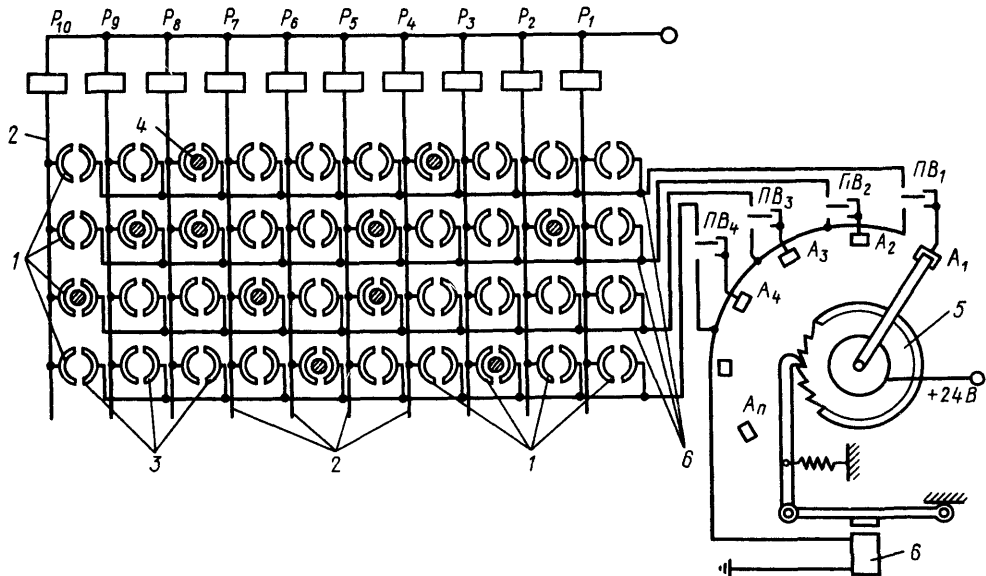


Рис. 21.17. Схема работы штекерной панели управления

в соответствии с программой обработки детали.

Режим обработки деталей устанавливается на панели управления. Обработка деталей из прутка производится в автоматическом цикле, обработка деталей из штучных заготовок — в полуавтоматическом цикле. Кроме того, имеется возможность управления станком в наладочном режиме с панели управления.

Автоматический режим является основным режимом работы станка при обработке прутковых материалов. В этом случае станок работает в автоматическом режиме до момента израсходования прутка. Подача и контроль прутка осуществляются автоматически. Полуавтоматический режим используют при обработке штучных заготовок. После обработки каждой детали станок автоматически останавливается. Автоматический режим с обработкой одного элементарного цикла (кадра) является вспомогательным и служит для проверки набора программы на штекерной панели, а также для проверки правильности размещения командных кулачков и жестких упоров на барабане командо-аппарата.

Наладочный режим предназначен для первоначальной наладки станка, установки упоров, режущего инструмента, провер-

ки работоспособности станка и изготовления первой детали. Управление станком в этом случае осуществляется от кнопок и переключателей на пульте станка.

## 21.7. Токарно-револьверные станки с числовым программным управлением

Системы числового программного управления токарно-револьверными станками обеспечивают автоматическое управление процессом обработки деталей по программе, записанной в определенном коде на программноносителе. Перестройка станков с числовым программным управлением осуществляется значительно быстрее, чем станков с цикловым программным управлением, так как во многих случаях она заключается в замене управляющей программы.

Станок с числовым программным управлением (ЧПУ) условно включает две составные части: металлорежущий станок в программном исполнении и систему числового программного управления (СЧПУ). Под СЧПУ понимают совокупность устройства числового программного управления (УЧПУ), двигателей — исполнителей команд и датчиков обратной связи — источников информации о фактиче-

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
1		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
2																		○
3		○	○	○	○										○	○	○	○
4		○	○	○												○	○	○
5	6m/min	○	○														○	○
6	3m/min	○																○
7		○																○
8		○																○
9		○																○
10		○																○
11		○																○
12		○																○
13		○																○
14		○																○
15		○																○
16		○																○
17		○																○
18		○																○
19		○																○
20		○	○															○
21		○	○	○														○
22																		○
23		○	○	○	○											○	○	○
24		○	○	○	○	○								○	○	○	○	○
25		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

Рис 21.18. Назначение горизонтальных строк штекерной панели токарно-револьверного станка модели ГЗ40ПЦ:

1 — начало цикла обработки (любая из 16 позиций револьверной головки), 2 — конец цикла обработки, 3 — автоматическое резьбонарезное устройство, 4 — включение резьбонарезного устройства, 5 — скорость движения (6 м/мин) револьверного суппорта, 6 — скорость движения (3 м/мин) револьверного суппорта, 7 — ускоренный возврат револьверной головки в исходную позицию, 8 и 9 — цикл с поперечной подачей против часовой и по часовой стрелке, 10 — цикл с отводом резца (чистовое точение), 11 — цикл нарезания резьбы метчиками или плашками, 12 — цикл обработки наружных конусов, 13 — цикл обработки детали «За буртом», 14 — цикл глубокого сверления, 16 — выбор диапазона вращения шпинделя, 17, 19 — задание частоты вращения шпинделя, 20—22 — задание продольных подач револьверного суппорта; 23—25 — задание величин поперечных подач револьверной головки

ском положении и скорости движения рабочих органов станка и др. УЧПУ предназначено для выдачи управляющей информации рабочим органом станка в соответствии с заданной управляющей программой (УП).

Кинематическая схема токарно-револьверного станка с ЧПУ приведена на рис. 21.19. Главное движение — вращение шпинделя — осуществляется от двухскоростного электродвигателя М1 через ременную передачу на входной вал со



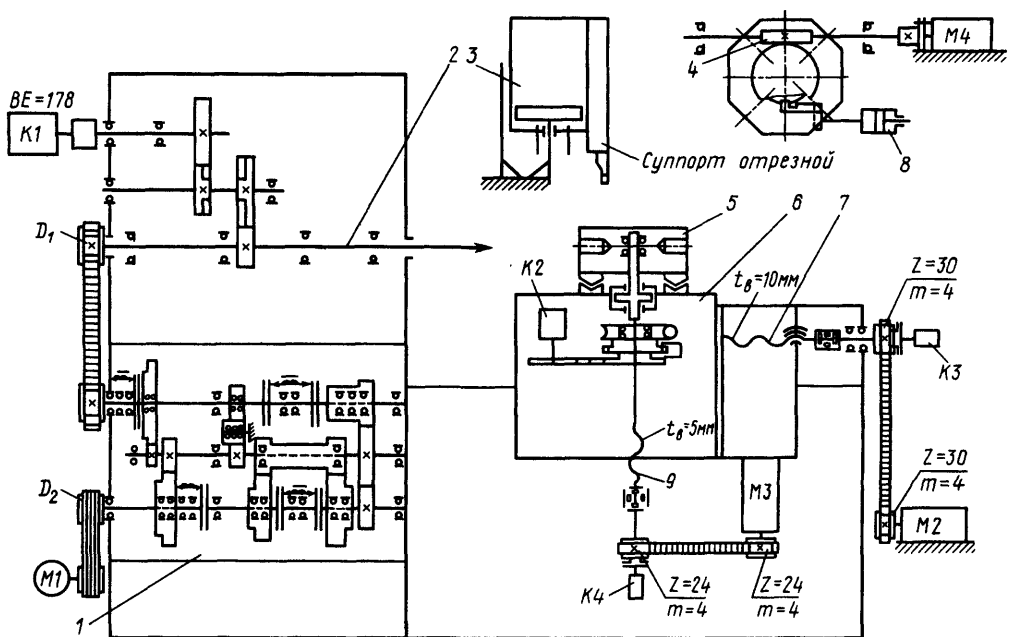


Рис. 21.19. Кинематическая схема станка модели 1B340Ф30

шквивом  $D_2$  коробки скоростей 1. Коробка скоростей имеет 4 вала с электромагнитными муфтами и зубчатыми колесами, которые попарно находятся в зацеплении. Электромагнитные муфты включаются попарно и этим обеспечивается ступенчатое изменение частоты вращения выходного вала коробки скоростей. Выходной вал коробки скоростей связан плосkozубчатой передачей со шквивом  $D_1$ , который передает вращение на шпиндель 2 станка. Ступенчатое изменение частоты вращения шпинделя 2 может производиться на холстом ходу и под нагрузкой. Торможение шпинделя осуществляется включением электромагнитных муфт коробки скоростей. Контроль за частотой вращения шпинделя при резбонарезании осуществляется датчиком обратной связи.

Вспомогательное движение инструмента — продольное и поперечное — осуществляется револьверным суппортом 6. Перемещение в продольном направлении выполняется с помощью передач «винт — гайка» качения 7, которая получает вращение через ременную передачу от электродвигателя M2 с регулируемой частотой вращения. Контроль за частотой вращения винтовой пары каче-

ния осуществляется датчиком обратной связи K3, при этом контролируется и подача револьверного суппорта. Поперечное перемещение револьверной головки 5 на револьверном суппорте 6 выполняется передачей винт — гайка качения 9, которая получает вращение от электродвигателя M3 с регулируемой частотой вращения. Перемещение револьверной головки при этом контролируется датчиком обратной связи K4. Поворот револьверной головки осуществляется гидродвигателем M4 через червячную передачу 4. Контроль положения револьверной головки выполняет датчик обратной связи K2, который связан с ее осью вращения зубчатой передачей.

Гидроцилиндром 3 осуществляется подвод и рабочая подача отрезного суппорта, гидроцилиндром 8 — фиксация револьверной головки в рабочем положении.

Управление станком может производиться с пульта станка и от устройства числового программного управления (УЧПУ). Наличие напряжения на пульте станка (рис. 21.20) подтверждается свечением сигнальной лампы 14, включение гидропривода осуществляется нажатием кнопки 5. Перед началом работы переключатель 20 режима работы

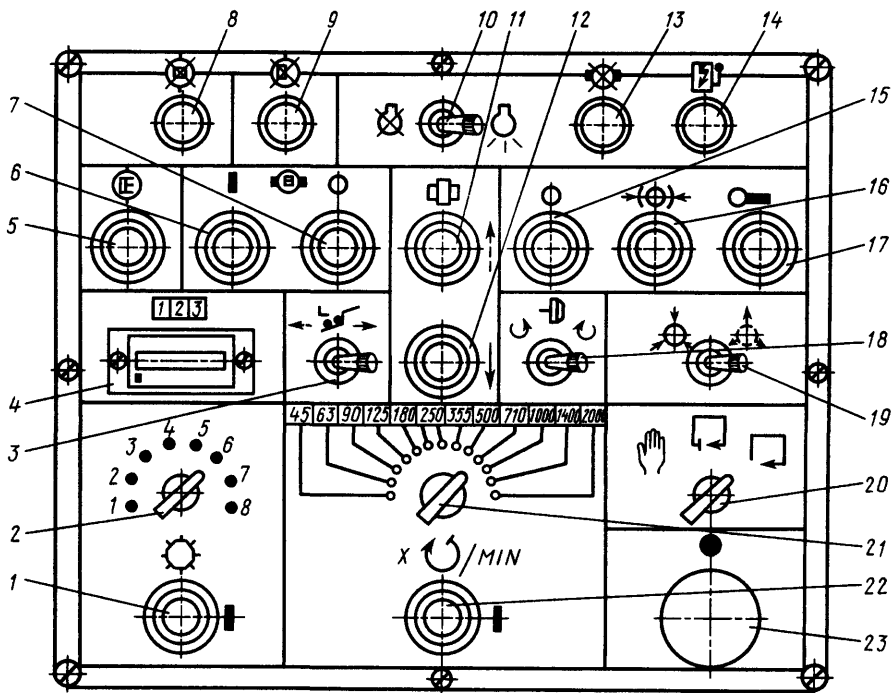


Рис. 21.20. Пульт управления станком модели 1В320Ф30:

1 — кнопка поворота револьверной головки, 2 — переключатель выбора позиции револьверной головки, 3 — тумблер разгрузочного устройства, 4 — счетчик деталей, 5 — кнопка пуска гидропривода, 6 — кнопка пуска приводов подачи, 7 — кнопка останова приводов подачи, 8 — сигнальная лампа отсутствия давления в системе смазывания, 9 — лампа отсутствия давления в гидросистеме, 10 — тумблер освещения, 11 и 12 — кнопки исходного положения и работы отрезного суппорта, 13 — лампа отсутствия питания в приводах, 14 — лампа включения станка, 15, 16, 17 — кнопки останова, тормоза и пуска шпинделя, 18, 19 — тумблеры выбора направления вращения шпинделя и зажима — разжима изделия, 20 — переключатель режимов, 21 — переключатель выбора скоростей шпинделя, 22 — кнопка прерывания вращения шпинделя, 23 — кнопка «Аварийный стоп»

станка устанавливают в требуемое положение режима: наладочный, полуавтоматический, автоматический. В наладочном режиме возможно ручное управление станком с помощью кнопок и переключателей, расположенных на пультах станка. Например, переключателем 2 можно выбрать позицию револьверной головки, а нажатием кнопки 1 осуществить ее поворот; переключателем 18 можно установить требуемое направление вращения шпинделя, а кнопкой 17 осуществить пуск его или кнопкой 15 — останов. На пульте станка имеется кнопка 23 — аварийный стоп, при нажатии которой выключаются все системы станка. При положении переключателя 20 в полуавтоматическом и автоматическом режимах возможно управление станком от пульта оператора УЧПУ во всех режимах, предусмотренных устройством

УЧПУ. Полуавтоматический режим предусмотрен для работы станка от УЧПУ при обработке штучных заготовок в автоматическом режиме; автоматический режим — для обработки деталей из прутка в автоматическом режиме.

Для управления токарно-револьверными станками с ЧПУ широко применяют двухкоординатную контурную систему числового программного управления с УЧПУ модели «Электроника НЦ-31» и др.

Настройку токарно-револьверного станка и ввод программы выполняют в определенном порядке. Сначала производят привязку каждого инструмента к системе координат станка. Для этого осуществляют пробную обработку цилиндрических поверхностей (ось X) и торцов (ось Z) с последующим измерением полученных

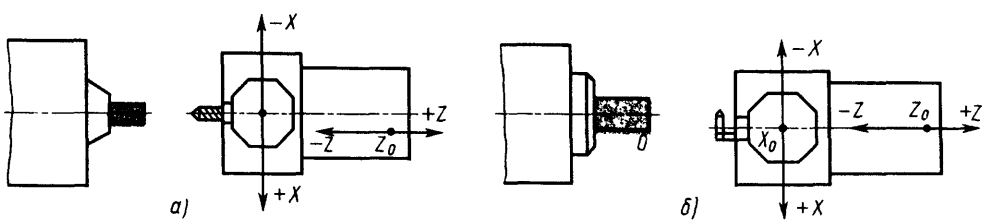


Рис. 21.21. Исходные положения:

а — для мерного инструмента, б — для режущего инструмента

размеров, которые учитывают при вводе в память УЧПУ координат исходных точек движения инструментов.

Для создания удобств при программировании и для обеспечения безопасной работы при смене инструмента на станке выбирают исходные положения для револьверного суппорта — крайнее правое положение; для поперечного суппорта — ось шпинделя; для мерного инструмента (сверло, развертка, плашка и др.) — ось шпинделя; для резца — положение, при котором обеспечиваются условия безопасной работы при смене инструмента (рис. 21.21).

Ввод координат исходных точек по адресам  $X$  и  $Z$  в память системы осуществляют нажатием клавиш 15 и 18 (см. табл. 20.1).

При составлении и записи управляющих программ необходимо выполнять следующие требования:

1. В одном кадре записывают только одну команду  $M$ ,  $S$ ,  $T$ ,  $F$ ,  $G$ ,  $X$  или  $Z$ . Исключение составляют кадры, в которые необходимо дополнительно ввести признаки: системы отсчета (табл. 20.1, п. 1), перемещений (см. табл. 20.1, п. 2, 5 и 6) и принадлежности к группе кадров (см. табл. 20.1, п. 7).

2. Запись команд в управляющей программе по технологическим рекомендациям выполняют в такой последовательности:  $M$ ,  $S$ ,  $F$ ,  $T$ ,  $G$ ,  $X$ ,  $Z$ ,  $P$ .

3. При записи управляющей программы для обработки детали несколькими инструментами оставляют запасные кадры для подачи команд на корректировку управляющей программы для каждого инструмента. Например, № 13—0 — запасной кадр.

4. Запись управляющей программы на-

чинают с кадра № 0 и заканчивают кадром  $M30$  (конец).

5. Для повторения управляющей программы, которая начинается с кадра, отличного от № 0, записывают кадр с командой  $P$  и число, соответствующее номеру первого кадра повторяемой управляющей программы, например: № 16— $P5$  — перевод программы в кадр № 5.

6. Для исключения ложного срабатывания и нарушения работы рабочих органов станка в конце управляющей программы записывают пустой кадр. Например: № 13 —  $M30$  — конец, № 14—0 — пустой кадр.

7. При обработке деталей с одновременным перемещением резца по двум координатам, когда выполняются циклы обработки галтели, конуса, нарезки резьбы и другие операции, все кадры, кроме последнего, помечают звездочкой (\*).

8. Отработка программ при выполнении группы кадров, помеченных знаком «звездочка», возможна только в автоматическом режиме.

9. При нарезке канавок с помощью отрезного суппорта команду  $M15$  (подвод отрезного суппорта) в управляющей программе записывают в кадр после всех перемещений для текущего инструмента. Это связано с тем, что ответ по команде  $M15$  происходит сразу после перехода отрезного суппорта на рабочую подачу, а также для предупреждения столкновения инструментов револьверной головки и отрезного суппорта. Подача по осям  $X$  и  $Z$  включается после возврата отрезного суппорта в исходное положение.

10. При обработке деталей перемещение поперечного суппорта на пульте оператора принято ( $+X$ ), от пульта оператора — ( $-X$ ). Перемещение револьверного



N	G	*	F	W	X	Z		$\pm 45^\circ$	P	M	S	T	Примечание
1												T1	Упор
2				W		Z...							Задание длины заготовки
3										M11			Режим и подача прутка
4					0								Запасные кадры
5					0								
6					0								
7										M10			Зажим прутка
8				W		Zφ							Выход суппорта в точку смены ин-та
9					0								Запасной кадр
10										M4			Включение гладного двигателя
11											S10		1000 мин <sup>-1</sup>
12			F15										0,15 мм/об
13												T2	Черновой резец
14				W	X...								Выход суппорта в точку резания
15				W		Z...							
16					X-3400								Подрезка торца
17						Z100							Отвод резца на 1мм
18				W	X-2600								Взврат по X до течения фаски
19						Z-300		+45°					Фаска 3x45°
20					X-400								Отвод по X на 2мм

Рис. 21.22. Таблица для записи управляющей программы

суппорта в исходное положение принято (+Z), в рабочую зону — (-Z).

Управляющую программу обработки детали сначала записывают на специальном бланке (рис. 21.22). Затем на пульте оператора набирают программу. Режим ввода программы устанавливают (см. табл. 20.1) нажатием клавиши 14, затем нажимают клавишу 3 деблокировки памяти и набирают кадры программы. После набора каждого кадра нажимают клавишу 18, в результате чего кадры последовательно вводятся в память УЧПУ. Последним вводится кадр с единственной командой M30 — конец программы и вызов в нулевую зону другой управляющей

программы, хранящейся в оперативной памяти УЧПУ или в КВП.

После записи управляющей программы производят проверку правильности ее записи. Для вывода информации на индикацию нажимают на клавишу отработки программы без перемещений (см. табл. 20.1, п. 4). При этом над клавишей загораются лампочки. Лампочка над клавишей (см. табл. 20.1, п. 4) должна быть погашена. Это означает, что на индикацию выведена управляющая программа. Затем нужно нажать на клавишу N и клавиши с цифрами, соответствующими номеру кадра, с которого начинается проверка программы. Содержание кадра вы-

водят на индикацию после нажатия клавиши (см. табл. 20.1, п. 18). Для индикации следующего кадра достаточно нажать на клавишу (см. табл. 20.1, п. 18). В процессе проверки можно производить необходимые изменения в управляющей программе.

Затем обрабатывают первую деталь. Для этого нажимают на клавишу (см. табл. 20.1, п. 12); при этом включается покадровый режим и загораются лампочки над клавишами (см. табл. 20.1, п. 12) и лампочки покадровой отработки программы. После этого нажимают на клавишу (см. табл. 20.1, п. 12), в результате обрабатывается один кадр, содержание кадра выводится на индикатор. Следует убедиться в правильности отработки первого кадра и после его выполнения повторно нажать на клавишу (см. табл. 20.1, п. 12), в результате будет обрабатываться следующий кадр, а за ним все остальные кадры УП. В процессе покадровой отработки УП можно вносить

необходимые изменения в УП. Выполнение УП в покадровом режиме можно прервать в любой момент отработки кадра нажатием на кнопку «Стоп» или на аварийную кнопку «Стоп», расположенные на пульте станка. После отработки всей УП проверяют готовую деталь, при необходимости корректируют УП, а при обработке следующей детали убеждаются в правильности УП. После этого приступают к изготовлению партии деталей.

#### Контрольные вопросы

1. Назовите основные типы токарно-револьверных станков.
2. Какие особенности характерны конструкциям токарно-револьверных станков?
3. Укажите назначение и расскажите о принципе действия циклового программного управления.
4. Назовите особенности конструкции и управления токарно-револьверным станком с ЧПУ.

## 22. Токарно-карусельные станки

### 22.1. Одностоечные токарно-карусельные станки

Токарно-карусельные станки предназначены для обработки цилиндрических и конических (наружных и внутренних) поверхностей, протачивания канавок, отрезки, обработки торцовых поверхностей, а при использовании приспособлений — для фасонного точения, нарезания резьбы и др., включая фрезерную и шлифовальную обработки. Токарно-карусельные станки подразделяют на одностоечные (с планшайбой диаметром до 1600 мм) и двухстоечные (с планшайбой диаметром до 25 000 мм). Основными параметрами этих станков являются наибольшие диаметр  $D$  и длина (высота)  $L$  обрабатываемой заготовки (детали), причем параметр  $L$  зависит от параметра  $D$ . Выпускаются станки, у которых  $D \times L = 800 \times 800$ ;  $1000 \times 800$ ;  $1250 \times 1000$ ;  $1600 \times 1000$ ;  $2300 \times 1600$ ;  $2500 \times 1600$ ;  $3200 \times 2000$ ; ...;  $20\,000 \times 6300$  мм.

Одностоечный токарно-карусельный станок модели 1512 (рис. 22.1) имеет ста-

нину — стойку 9 со столом 1. По вертикальным направляющим стойки 9 перемещаются поперечина 6 (с вертикальным суппортом 5) и боковой суппорт 10. Обрабатываемую заготовку устанавливают на планшайбу 2 стола 1.

На верхнем суппорте установлена револьверная головка 4 для инструмента. Перемещение верхнего суппорта может производиться вручную маховиками 8 или от коробки 7 подач. Боковой суппорт с резцедержателем 12 перемещается вручную маховиками 13 или от коробки подач 11. Управление станком осуществляют от пульта 3.

**Главный привод.** От электродвигателя  $M1$  (рис. 22.2) вращение передается клиноременной передачей от шкива  $d_1$  на шкив  $d_2$  вала  $I$  ( $u = 230/266$ ). Вал  $I$  имеет одну частоту вращения и связан с валом  $II$  тремя зубчатыми передачами  $z = 57$  и 56; 50 и 63; 63 и 50. Передачи переключаются с помощью электромагнитных муфт. Вал  $II$  связан с валом  $III$  двумя зубчатыми передачами  $z = 42$  и 84; 63 и 63, а вал  $III$  с валом  $IV$  — двумя

зубчатыми передачами  $z=75$  и  $75$ ;  $30$  и  $120$ . С вала *IV* вращение передается на вал *V* через планетарный механизм, который обеспечивает две ступени частоты вращения ( $u=1:4$ ;  $u=1:1$ ), и зубчатую передачу  $z=40$  и  $50$ . С вала *V* вращение передается на планшайбу (вал *VIII*) через зубчатую коническую передачу  $z=48$  и  $36$  и зубчатую передачу  $z=25$  и  $125$ .

Главный привод станка обеспечивает 24 ступени частоты вращения планшайбы в диапазоне от 5 до 250 об/мин. Ступени частоты вращения планшайбы переключаются электромагнитными муфтами, при этом в работе станка используют только 18 ступеней.

Уравнение кинематической цепи при минимальной частоте вращения планшайбы имеет вид:  $n_{\min} = 1460 \times \times 230/266 \cdot 50/63 \cdot 42/84 \cdot 30/120 \cdot 1/4 \times \times 40/50 \cdot 28/28 \cdot 25/125 = 5$  об/мин.

**Механизм подачи.** Вращение от главного привода к механизму подачи передается с вала *V* на вал *XI* через зубчатые передачи  $z=36$  и  $48$ ;  $36$  и  $54$ ;  $17$  и  $17$ , а затем через коническую передачу  $z=23$  и  $23$  на вал *XII* коробки подач. Коробки подач для бокового и вертикального суппортов конструктивно выполнены одинаково.

Вращение от вала *XII* передается на вал *XIII* зубчатыми передачами  $z=27$  и  $72$ ;  $59$  и  $40$ . Соединение вала *XII* с зубчатым колесом  $z=59$  производится электромагнитной муфтой. При передаче вращения на вал *XIII* связь между валами *XII* и *XIII* через зубчатую передачу  $z=27$  и  $72$  прерывается муфтой обгона, вмонтированной в зубчатое колесо  $z=72$ . Аналогичным образом передается вращение с вала *XIII* на вал *XIV*, с вала *XIV* на вал *XV* и т. д. В результате вращение передается на вал *XX*, кинематически связанный с горизонтальным перемещением суппорта, и на вал *XXVI*, кинематически связанный с вертикальным перемещением суппорта. Коробки подач обеспечивают 16 различных подач суппортов.

Установочные перемещения суппортов производятся от электродвигателя *M2*, который через зубчатые колеса  $z=20$ ;  $66$ ;  $75$  соединяется с валом *XII*.

Электромагнитные муфты обеспечива-

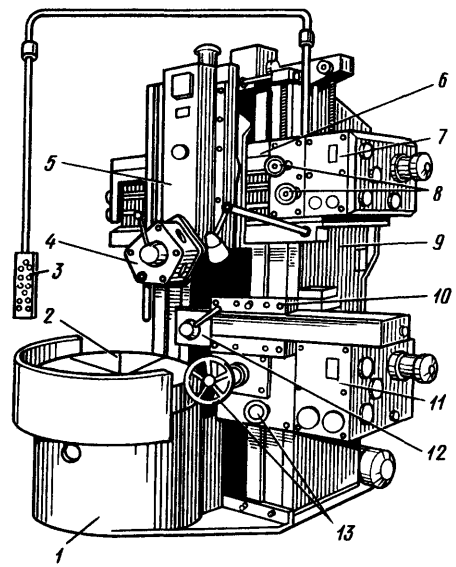


Рис. 22.1. Одноэтажный токарно-карусельный станок модели 1512

ют дистанционное управление включением и выключением рабочих подач, быстрых и медленных установочных перемещений. С помощью этих муфт производится также выбор и переключение необходимых рабочих подач с подвешного пульта управления во время работы станка.

**Стол токарно-карусельного станка.** Конструктивная схема приведена на рис. 22.3. Планшайба 5, на которой устанавливаются и крепятся обрабатываемые заготовки, соединяется по посадочному диаметру  $D_1$  со шпинделем 4. Верхней и нижней радиальными опорами шпинделя 4 в корпусе 1 служат подшипники 3 и 15 качения, которые регулируются кольцевыми гайками 14. Осевые нагрузки воспринимают плоские направляющие 6.

Вращение планшайбе 5 передается зубчатым венцом 2, который находится в зацеплении с зубчатым колесом 8. Колесо 8 и коническое зубчатое колесо 10 смонтированы на валу 11, который вращается в опорах 9 и 12 качения и связан с коробкой скоростей кинематической зубчатой передачей  $z=48$  и  $36$  (см. рис. 22.2).

Через штуцера 7 и 13 подается масло для смазывания направляющих и подшипников качения. Отверстие диаметром  $D$  предназначено для центрирования за-

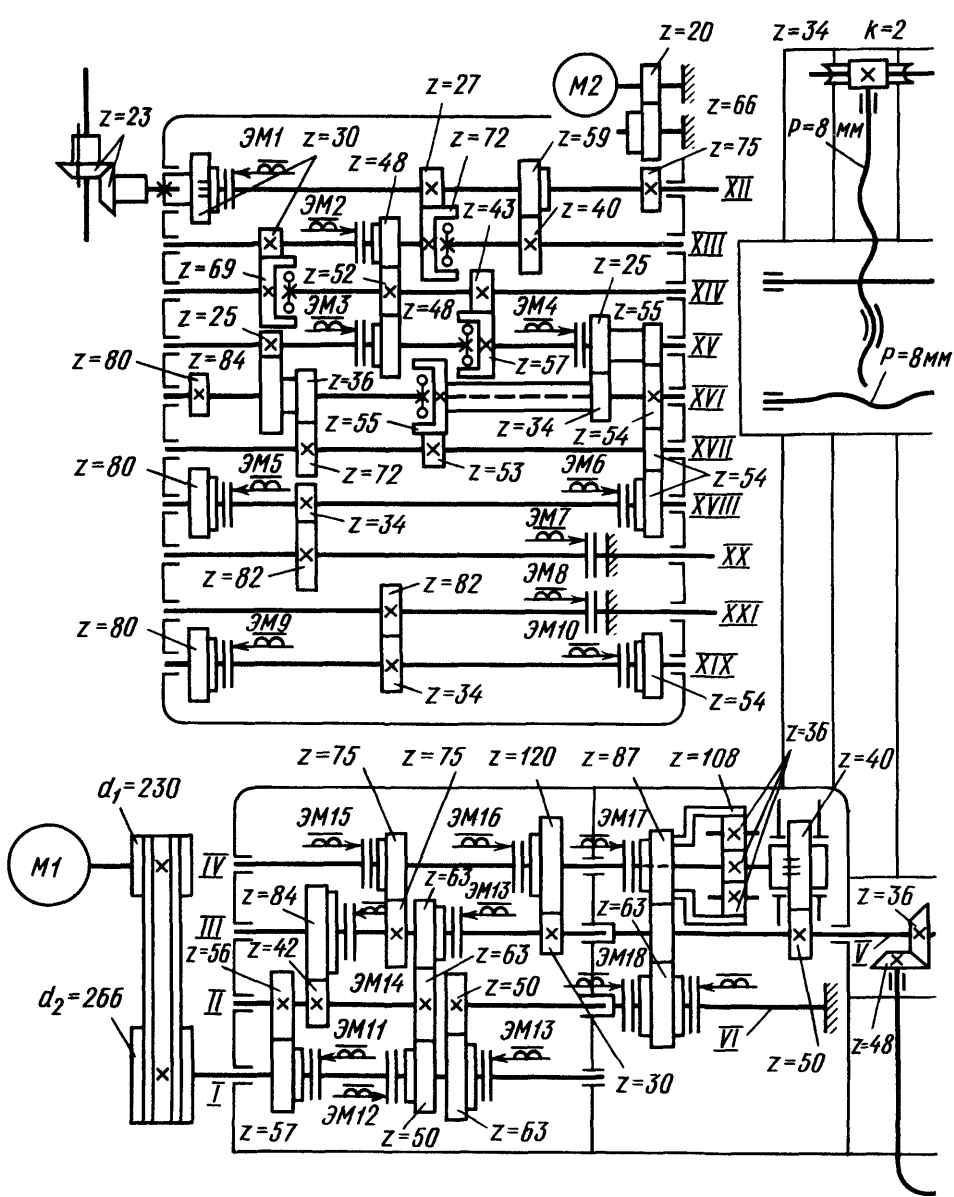
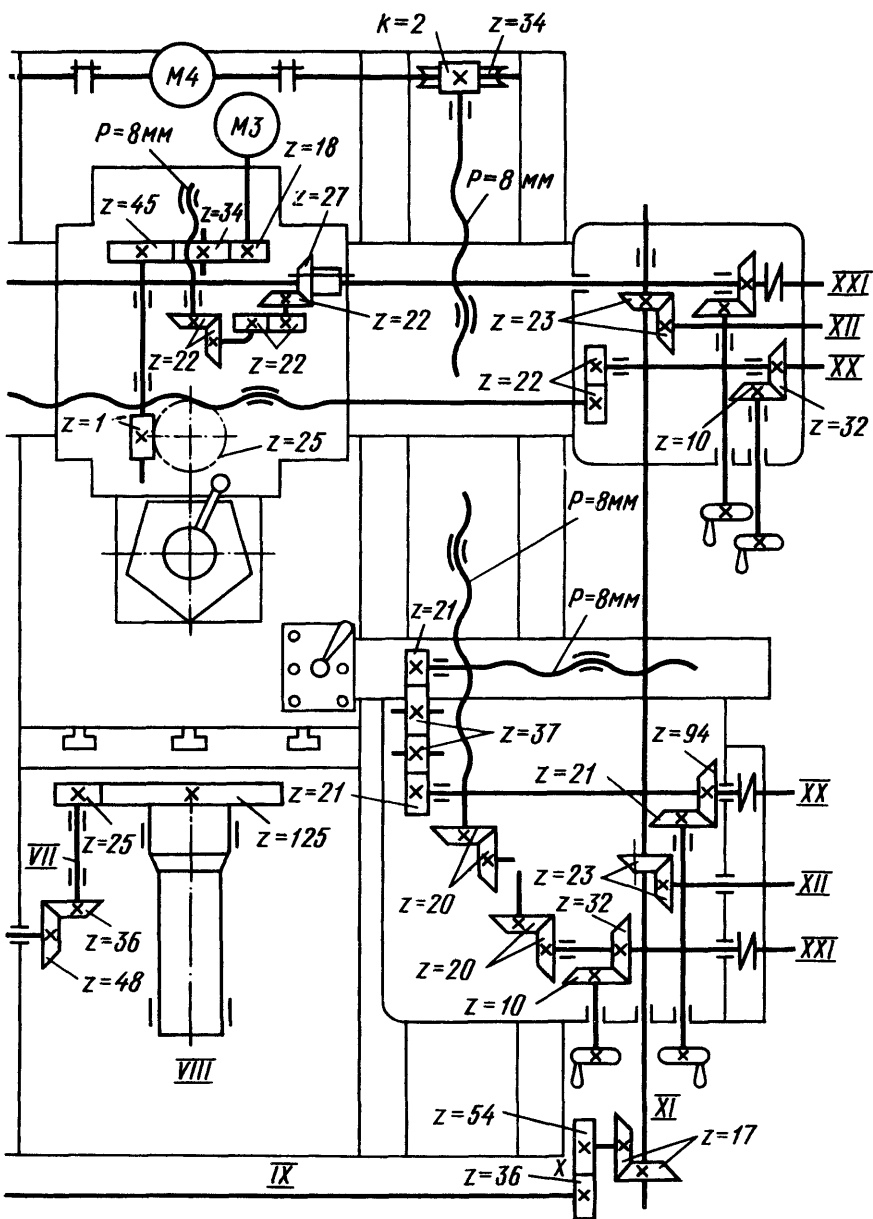


Рис. 22.2. Кинематическая схема токарно-

готовок (деталей) и приспособлений, устанавливаемых на планшайбе. На верхней плоскости имеются Т-образные станочные пазы, которые служат для закрепления зажимных кулачков различных приспособлений или для закрепления заготовок.

На вертикальных направляющих станины 9 перемещается поперечина 6 (см. рис. 22.1), имеющая на передней

поверхности направляющие, по которым перемещается по горизонтали вертикальный суппорт. Перемещение поперечины осуществляется двигателем М4 (см. рис. 22.2) через червячные ( $z=2$  и  $34$ ) и винтовые (шаг  $P=8$  мм) передачи. После установки поперечины в нужное положение производят ее фиксацию вручную механизмом зажима с руко-



карусельного станка модели 1512

ятой. Управление двигателем M4 осуществляют от кнопок «Вверх» и «Вниз», которые смонтированы на левом торце поперечины под рукояткой механизма зажима.

**Вертикальный суппорт.** Вертикальный суппорт перемещается на салазках 30 по направляющим поперечины, на которых он удерживается планками 18 и 12 с бронзо-

выми накладками (рис. 22.4). Клинья 13 и 17 служат для компенсации износа направляющих в процессе эксплуатации станка. Для облегчения перемещения суппорта салазки опираются на направляющие поперечными роликами 11 с пружинами 10. Усилие пружин регулируется винтом, что обеспечивает прижим салазок к нижним направляющим поперечины.



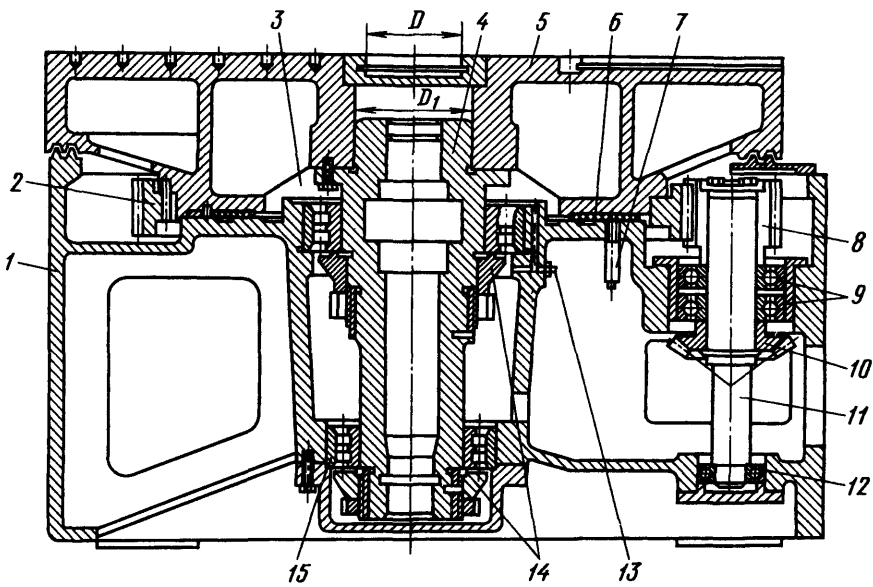


Рис. 22.3. Стол токарно-карусельного станка

Горизонтальное перемещение суппорта по направляющим поперечины производится ходовым винтом 16 и гайкой 28. Ходовой винт приводится во вращение от выходного вала XX коробки передач (см. рис. 22.2). Гайка 28 состоит из двух половин, из которых одна подвижна, и выбирает под действием пружины зазор между винтом и гайкой.

Вертикальный суппорт 9 может поворачиваться в вертикальной плоскости относительно салазок 30. Для этого на передней поверхности салазок имеются круглые Т-образные пазы, в которые входят Т-образные болты 27 для фиксации суппорта при повороте. Суппорт может быть повернут на  $45^\circ$  в ту и другую сторону от вертикальной оси. Поворот осуществляют вручную вращением червяка за конец выступающей полуоси 26. Червяк находится в зацеплении с рейкой, которая имеет резьбу на периферии салазок 30.

На поворотной части вертикального суппорта 9 имеются направляющие, по которым перемещается ползун 6. Перемещение ползуна направляются планками и клином, которым компенсируют износ направляющих. Ползун зажимается на направляющих винтом 29. Движение ползуну передается от вала XXI коробки подачи (см. рис. 22.2) следующим образом:

через конические зубчатые колеса (на рис. 22.4 не показаны), зубчатые колеса 15 и 14, конические зубчатые колеса 5 и 4, ходовой винт 7 с гайкой 8, которая, свинчиваясь с винта 7, перемещает ползун.

На оси 1, которая закреплена в ползуне 6, установлена револьверная головка с пятью пазами и отверстиями для крепления инструмента. Поворот и фиксация револьверной головки производится дистанционно с подвесного пульта управления. От электродвигателя вращение передается через зубчатые колеса (на рис. 22.4 не показаны) на вал 20, который взаимодействует с резьбой в червяке 22 и перемещается вверх. Электромагнитная муфта удерживает от вращения червяк 22. Перемещаясь вверх, вал 20 рейкой 25 через зубчатое колесо-гайку 24 и резьбу на оси 1 отжимает револьверную головку. Поступательное перемещение вала 20 прекращается после достижения упора 23. При этом отключается муфта и освобождает гайку червяка 22.

Вал 20, продолжая вращаться, через червячную пару 22, 21 и зубчатые колеса 3 и 2 начинают поворачивать револьверную головку. При повороте револьверной головки на  $\frac{1}{5}$  часть окружности упор револьверной головки западает в очередной паз диска головки и двигатель с валом

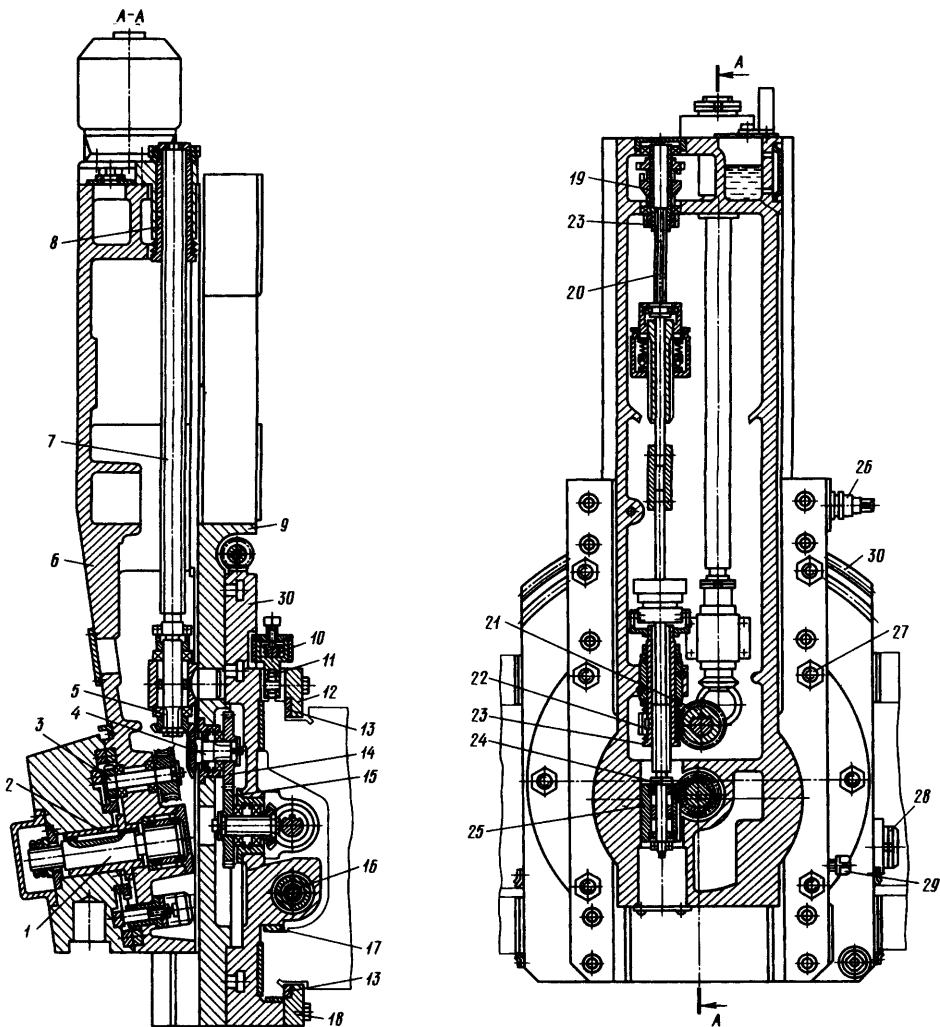


Рис. 22.4. Вертикальный суппорт

20 переключается на вращение в обратную сторону. Производится доворот револьверной головки до встречи упора со стенкой паза диска. Червяк 22, встретив сопротивление, останавливается, и вал 20 начинает ввинчиваться по резьбе в него. Производится включение муфты, которая удерживает гайку червяка 22 от вращения. Вал 20, перемещаясь вниз, рейкой 25 через колесо-гайку 24 и резьбу на оси 1 зажимает револьверную головку, двигатель отключается. Ручное горизонтальное и вертикальное перемещение ползуна производят маховиками.

**Боковой суппорт.** Боковой суппорт 10 (см. рис. 22.1) перемещается по вертикальным направляющим станины и удерживается планкой. Износ направляющих компенсируется клином. Зажим бокового суппорта на направляющих станины производится винтом. Вертикальное перемещение бокового суппорта осуществляется от вала XXI коробки подач (см. рис. 22.2). На передней поверхности бокового суппорта перемещается в направляющих ползун. Зажим ползуна на направляющих суппорта осуществляется винтом. Ползун бокового суппорта имеет четырехгранную

поворотную резовую головку. В рабочем положении резовая головка фиксируется полумуфтами зубчатой муфты и эксцентрик рукоятки. Горизонтальное перемещение ползуна производится от выходного вала XX коробки подач (см. рис. 22.2). Ручное горизонтальное и вертикальное перемещение ползуна осуществляют маховиками.

## 22.2 Подвесной пульт управления станка модели 1512

Главным приводом станка управляют с подвесного пульта управления (рис. 22.5). Нижняя часть панели отведена для управления главным приводом станка 5. Кнопками 3 и 4 производят пуск и остановку двигателя главного привода. Поворотом рукоятки 17 производят выбор ступеней частоты вращения планшайбы. Пуск и остановку планшайбы производят кнопками 19 и 20. Частоту вращения изменяют как на ходу, так и при остановленной планшайбе.

Кратковременный (толчковый) пуск планшайбы возможен только при частоте

вращения 8 об/мин. Для этого переключатель 21 ставят в положение «Толчковый режим» и нажимают кнопку 19 «Пуск планшайбы». Планшайба вращается только при нажатой кнопке 17. Для перехода на нормальный режим работы переключатель 21 ставят в исходное положение. Для остановки двигателя главного привода сначала необходимо нажать на кнопку 20 остановки планшайбы.

Переключатель 5 служит для включения и отключения тормоза перемещений верхнего суппорта, а переключатель 16 — для перемещений бокового суппорта. Переключатель 18 служит для включения и отключения скорости резания (сразу или постепенно). Кнопка 1 «Общий стоп» предназначена для аварийной остановки станка. Лампочка 2 загорается, когда масло в корпусе главного привода опускается ниже установленного уровня.

После установочного перемещения поперечины и закрепления ее на станине станка осуществляют управление вертикальным и горизонтальным перемещениями вертикального суппорта с пульта. Органы управления этим суппортом сгруппированы в левой верхней части лицевой поверхности пульта. Крестовым переключателем 9 устанавливают направление перемещения суппорта, а поворотом рукоятки 8 — подачу. Затем нажимают на центральную кнопку переключателя 9, разрешающую движение. Изменение рабочей подачи можно производить при обработке заготовки. Сигнальная лампа 10 горит, когда вертикальный суппорт в работе.

При установочных перемещениях вертикального суппорта переключатель 7 ставят в положение «Установочное перемещение», после чего рукояткой 8 устанавливают подачу 10—1820 мм/мин, а крестовым переключателем 9 — направление перемещения. Затем нажимают на центральную кнопку переключателя 9. Перемещение длится до тех пор, пока нажата центральная кнопка. После окончания перемещения или для остановки суппорта ручку крестового переключателя возвращают в исходное нейтральное положение.

Поворот револьверной головки верхнего суппорта с одной позиции на другую осуществляют с пульта кнопкой 6, которая

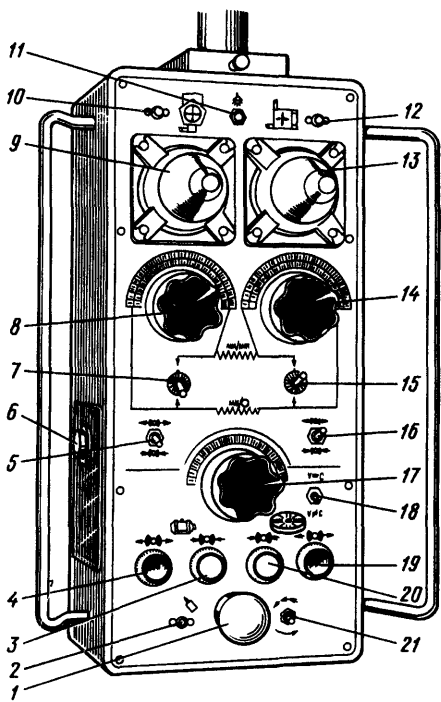


Рис. 22.5. Подвесной пульт управления

расположена на его левой боковой поверхности.

Органы управления боковым суппортом сгруппированы в правой верхней части лицевой поверхности пульта и управление им аналогично управлению верхним суппортом. Рукоятка 14 служит для переключения подач бокового суппорта, переключатель 13 управляет направлением его перемещения, лампочка 12 сигнализирует о работе бокового суппорта, а переключатель 15 служит для установки рабочих подач и установочных перемещений бокового суппорта. Освещение включают переключателем 11.

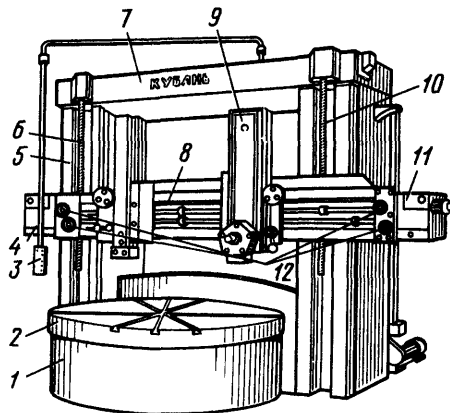


Рис. 22.6. Двухстоечный токарно-карусельный станок модели 1525

### 22.3. Двухстоечные токарно-карусельные станки.

#### Приспособления и вспомогательный инструмент

**Двухстоечные токарно-карусельные станки.** Двухстоечный токарно-карусельный станок модели 1525 (рис. 22.6) состоит из стола 1 и стоек 5 и 10, соединенных порталом 7. По вертикальным направляющим стоек 5 и 10 движется с помощью ходовых винтов 6 поперечина 8. По горизонтальным направляющим поперечины 8 перемещаются два вертикальных суппорта 9, которые могут быть оснащены револьверной или резцовой головкой. Суппорты приводят в движение вручную маховиками 12 или от коробки подач 4 и 11. Заготовку устанавливают на планшайбе 2. Управление станком осуществляют с пульта 3. В обычном исполнении станок не имеет бокового суппорта, но возможность его установки предусмотрена.

**Приспособления и вспомогательный инструмент.** Для установки и закрепления заготовок деталей (на столе токарно-карусельного станка) и режущего инструмента (в револьверной головке) применяют различные приспособления. В их числе приспособления для установки обрабатываемых заготовок (например, самоцентрирующая планшайба, которая облегчает выверку и обеспечивает надежное закрепление обрабатываемой заготовки), приспособления для обработки фасонных поверхностей и др.

Самоцентрирующая базовая планшайба (рис. 22.7) пред-

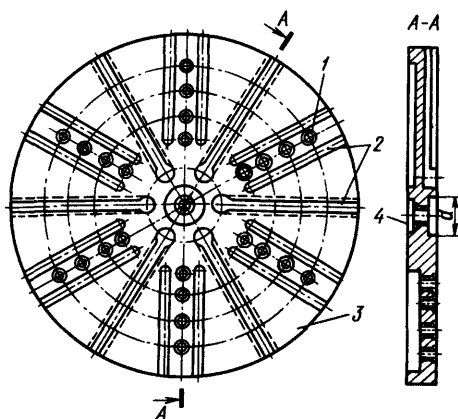


Рис. 22.7. Самоцентрирующая базовая планшайба

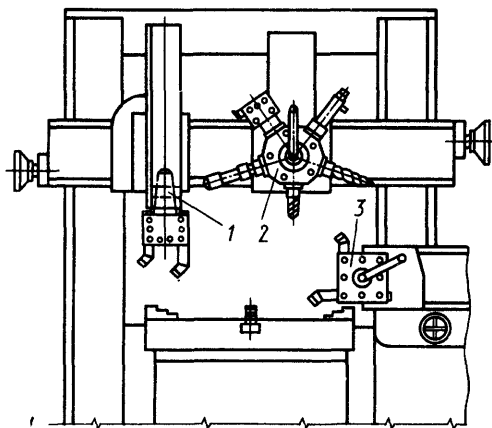


Рис. 22.8. Расположение и установка инструмента на двухстоечном токарно-карусельном станке

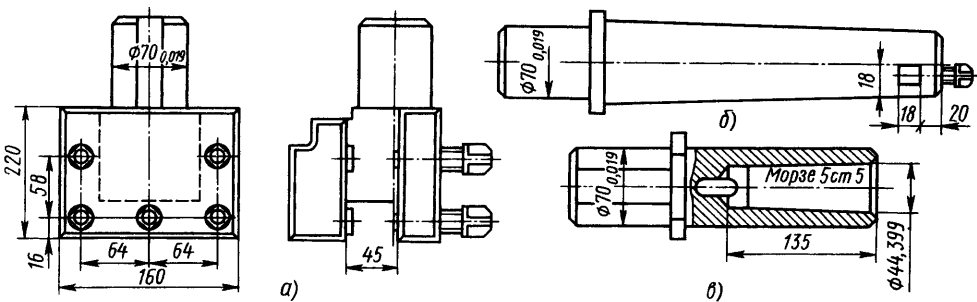


Рис. 22.9. Оправки к токарно-карусельному станку:

а — многолезцовая, б — расточная резцовая, в — для инструментов с коническим хвостовиком

ставляет собой диск 3 с центральным базовым отверстием 4 для центрирования базовой планшайбы на планшайбе стола. На рабочей поверхности планшайбы имеются посадочные отверстия 1 с запрессованными втулками и Т-образные пазы 2, которые позволяют установить обрабатываемую заготовку на равном расстоянии от центра приспособления и осуществить выверку и закрепление ее непосредственно на поверхности планшайбы. Посадочный диаметр служит для установки других приспособлений на базовой планшайбе.

Для установки и закрепления режущего инструмента на токарно-карусельных станках применяют различный вспомогательный инструмент.

Одностоечные токарно-карусельные станки обычно имеют один вертикальный суппорт с пятигранной револьверной головкой и боковой суппорт с поворотным резцедержателем. Режущий инструмент в гнездах револьверной головки устанавливают с помощью различных оправок, втулок и державок, а резцы в боковом суппорте закрепляют так же, как в обычном поворотном резцедержателе на четыре реза.

Двухстоечные карусельные станки обычно имеют два вертикальных 1 и 2 и один боковой 3 суппорты (рис. 22.8). Левый вертикальный суппорт 1 имеет гнездо для крепления державки, а суппорт 2 снабжен револьверной головкой. Боковой суппорт 3 оснащен поворотным резцедержателем.

Установку и закрепление мерного режущего инструмента в гнездах револьверной головки выполняют с помощью переходных оправок (рис. 22.9, а—в). Крепление разверток в револьверной головке выполняют с помощью плавающего патрона (рис. 22.10), компенсирующего несоосность инструмента и обрабатываемого отверстия. Патрон устанавливают в гнездо револьверной головки хвостовиком 4 (диаметром  $D$ ), который смонтирован на резьбе в корпусе 1. Выверка крепится своим хвостовиком в патроне 6 непосредственно или через переходную втулку. Фланец патрона 6 установлен между двумя сепараторами 2 и 5 с шариками, которые позволяют смещаться патрону 6 в радиаль-

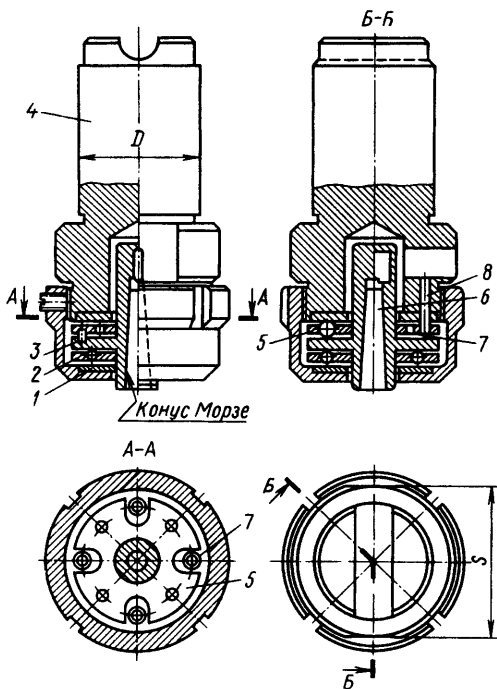


Рис. 22.10. Плавающий патрон к токарно-карусельному станку

ном направлении. Вращение патрону передается шифтами 8 и 3 и роликами 7, которые входят в прорези сепаратора 5.

## 22.4. Обработка наружных и внутренних цилиндрических поверхностей

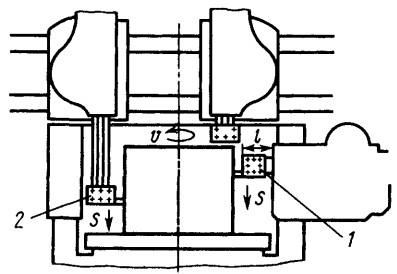


Рис. 22.11. Схемы обтачивания наружной цилиндрической поверхности резцами вертикального и бокового суппортов

Обработку наружных цилиндрических поверхностей на токарно-карусельных станках выполняют резцом, закрепленным в резцедержателе 1 бокового суппорта (рис. 22.11) или в резцовой державке 2 вертикального суппорта. Обработку наружной поверхности производят обычно сверху вниз. Обработку с подачей в обратном направлении применяют только в исключительных случаях. При выборе способа обработки учитывают, что обтачивание резцом бокового суппорта производится с постоянным вылетом горизонтальных салазок, что обеспечивает минимальную погрешность формы обработанной поверхности, а при обработке резцом вертикального суппорта вылет резцовой державки будет изменяться и в результате отжима резца диаметр изготовленной детали будет увеличиваться в направлении сверху вниз.

При чистовом точении ширина режущей кромки  $l = 60 \div 80$  мм. Соответственно подача при работе такими резцами  $S = (0,7 \div 0,8)l$ . Режущую кромку этих резцов целесообразно устанавливать под углом до  $5-10^\circ$  к направлению подачи.

Производительность наружного обтачивания может быть увеличена разделением припуска между одновременно работающими резцами (рис. 22.12). Эта работа может быть выполнена одновременно работой двух вертикальных или верхнего и бокового суппортов. Первую схему (рис. 22.12, а) целесообразно применять при черновой обработке, а вторую (рис. 22.12, б) — при получистовой обработке с небольшим припуском.

На токарно-карусельных станках с помощью вертикального суппорта производят обработку отверстий (в большом диапазоне диаметров) сверле-

Режимы резания выбирают с учетом геометрии и материала режущей части резца. При этом учитывают, что работать следует с возможно меньшим числом рабочих ходов. Подачу выбирают в зависимости от точности обработки, прочности инструмента и механизма подачи станка.

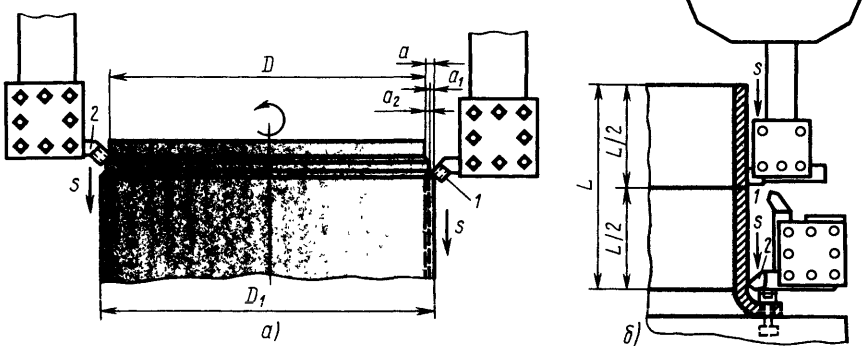


Рис. 22.12. Схемы обтачивания наружных цилиндрических поверхностей двумя резцами с разделением припуска (а) и разделением общей длины обработки (б): 1 и 2 — резцы,  $D_1$  — диаметр заготовки,  $D$  — диаметр обработанной детали,  $L$  — длина обработки;  $a$  — припуск,  $a_1$  и  $a_2$  — части припуска,  $S$  — подача

нием, расквашиванием, зенкерованием, развертыванием и растачиванием.

Растачивание применяют в основном для обработки отверстий диаметром свыше 100 мм. Различают черновое растачивание, при котором снимается основная часть припуска, полустовое и чистовое, при которых при незначительном припуске на обработку достигаются требуемые точность отверстий и шероховатость обработанной поверхности.

Способ растачивания отверстий выбирают в зависимости от конкретной детали и числа изготавливаемых деталей. Обычно после установки, выверки и закрепления заготовки определяют снимаемый припуск. Для более точного определения припуска выполняют пробные рабочие ходы, т. е. после включения станка резец подводят к обрабатываемой поверхности и снимают тонкую стружку. Затем включают подачу и обрабатывают отверстие на глубину (5—15 мм), достаточную для измерения диаметра отверстия. После включения подачи, отвода резца и выключения станка измеряют диаметр отверстия и определяют припуск, а также назначают способ обработки.

## 22.5. Обработка торцовых поверхностей

Большинство торцовых поверхностей, обрабатываемых на токарно-карусельных станках, являются кольцевыми, сплошные торцовые поверхности встречаются значительно реже. Обработку торцовых поверхностей выполняют резцами вертикального или бокового суппорта (рис. 22.13).

При обработке торцовой поверхности резцом вертикального суппорта (рис. 22.13, а) вылет  $l_1$  ползуна в течение всей обработки остается постоянным, что позволяет обработать торец с большей точностью.

При обработке резцом бокового суппорта (рис. 22.13, б) вылет  $l_2$  ползуна непрерывно увеличивается от периферии к центру планшайбы станка, что снижает точность обработки. Поэтому боковым суппортом рекомендуется обрабатывать кольцевые торцовые поверхности небольшой протяженности.

Обработку торцовой поверхности принято производить от периферии к центру,

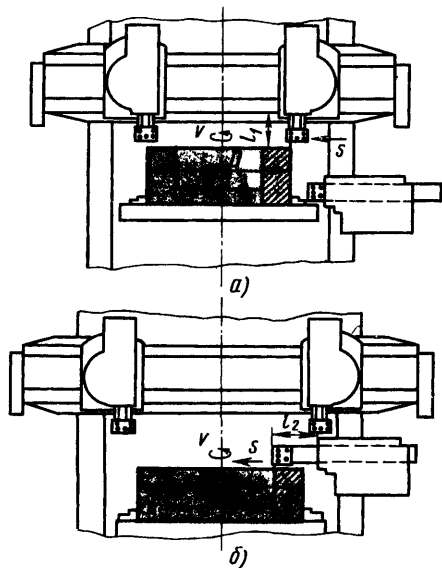


Рис. 22.13. Схемы обработки торцовых поверхностей резцами вертикального (а) и бокового (б) суппортов

так как это облегчает получение нужного размера по высоте обработки. Такую обработку применяют в тех случаях, когда необходимо получить высокую точность и при этом недопустима выпуклость поверхности к центру, которая получается вследствие износа режущей кромки резца.

Обработку торцовой поверхности выполняют одним или несколькими резцами. Многорезцовую обработку применяют для разделения припуска между резцами (рис. 22.14, а и б) или для сокращения рабочего хода резцов (рис. 22.14, в).

Обрабатываемые поверхности могут быть внутренними и наружными. Поэтому обработку уступов и канавок на внутренних поверхностях выполняют вертикальным суппортом, а на наружных поверхностях — вертикальным и боковым суппортами. Прорезание канавки может быть выполнено одним резцом последовательным удалением припуска  $b \times h$  (рис. 22.15). Сначала последовательно прорезают канавку шириной  $b$  врезанием на глубину  $a$  (1-й и 2-й рабочие ходы). Затем зачищают дно канавки удалением оставшегося припуска ( $h - a$ ) продольной подачей резца (3-й и 4-й рабочий ходы). Процесс отрезки заготовки мало отличает-

ся от процесса прорезания узких прямоугольных канавок.

Подрезание уступов выполняют теми же приемами, что и прорезание канавок, с той разницей, что могут быть применены подрезные резцы при врезной подаче (рис. 22.16, а, б) и сочетании врезной и продольной подач (рис. 22.16, в и г).

## 22.6. Обработка с использованием приспособлений

Приспособления позволяют обрабатывать на токарно-карусельных станках поверхности, образующие которых не совпадают с направлением перемещения суппортов.

Обработку наружных и торцовых конических поверхностей на токарно-карусельных станках можно выполнять по схемам, приведенным на рис. 22.17. Резание выполняют обычным резцом. Перемещение резца производят одновременными вертикальной и горизонтальной подачами на величину, которая определяется профилем копира.

Обтачивание конической поверхности по схеме (рис. 22.17, а) производят при вертикальной автоматической подаче бокового суппорта сверху вниз. Цель горизонтальной подачи ползуна бокового суппорта отключается. Ролик 2, закрепленный в резцедержателе 3, перемещается вдоль копира 1, установленного в гнезде револьверной головки вертикального суппорта, и задает траекторию движения режущему лезвию резца 4 вдоль обрабатываемой поверхности заготовки 5. Вертикальный суппорт при этом закреплен неподвижно.

На рис. 22.17, б показана обработка по ролику, установленному в револьверной головке неподвижного вертикального суп-

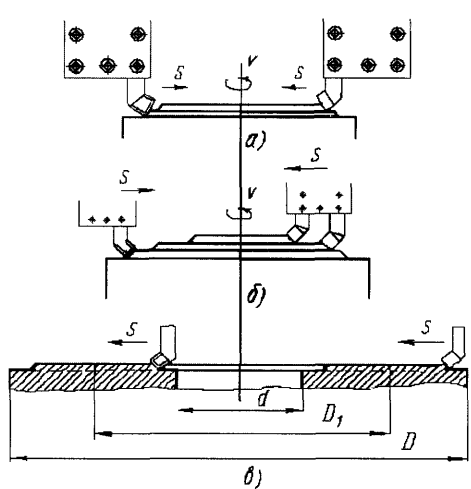


Рис. 22.14. Схема обтачивания торцовых поверхностей двумя и тремя резцами с разделением припуска (а и б) и общей длины рабочего хода суппорта (в)

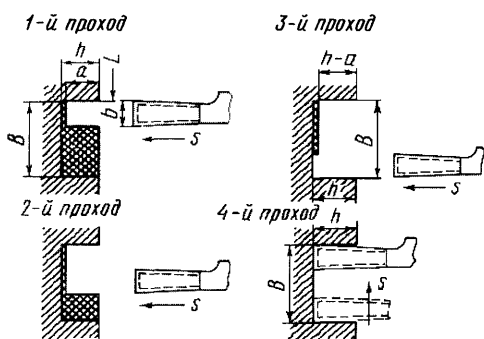


Рис. 22.15. Схема прорезания прямоугольной канавки

порта, при автоматической горизонтальной подаче ползуна по копиру бокового суппорта. Цель вертикальной подачи бокового суппорта при этом отключена.

Обработка торцовой поверхности сложного профиля показана на рис. 22.17,

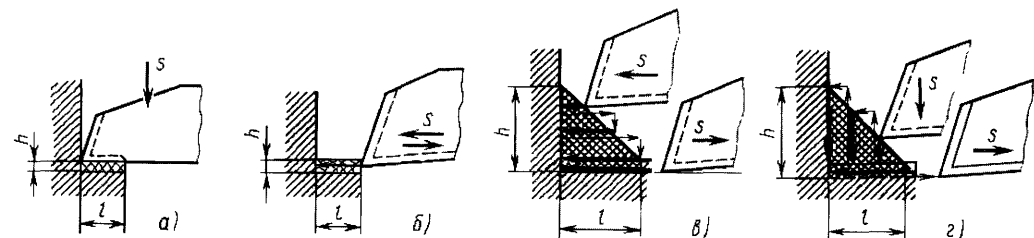


Рис. 22.16. Схемы (а—г) подрезания уступов ( $h$  — припуск на обработку)



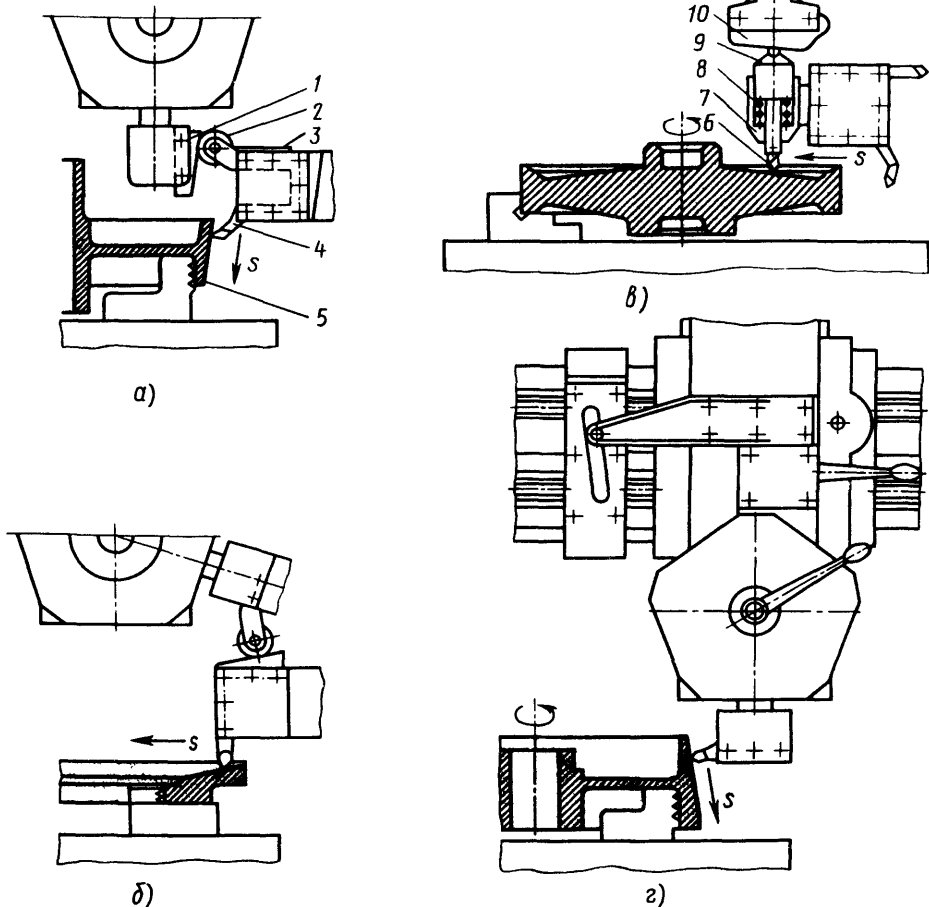


Рис. 22.17. Схемы обработки наружных и торцовых конических поверхностей по копиру:

*а* — копир установлен на револьверной головке (с продольной подачей), *б, в* — копир установлен на револьверной и суппортной головке (с поперечной подачей), *г* — копир установлен на поперечине станины (с продольной подачей)

*в*. В резцедержателе бокового суппорта установлена державка 7, в которой размещается плунжер 9. При автоматическом перемещении ползуна бокового суппорта плунжер 9, прижимаясь пружиной 8 к копиру 10, определяет траекторию движения резца 6.

Обработка фасонных поверхностей вертикальным суппортом с помощью копирной линейки показана на рис. 22.17, *г*. В этом случае обработку производят при автоматической вертикальной подаче и отключенной цепи горизонтальной подачи вертикального суппорта.

Подготовка токарно-карусельного станка к работе включает установку приспособлений, проверку и закрепление обрабатываемой заготовки, установку режущего инструмента, регулировку упоров и установку режимов резания. Так как обрабатываемые заготовки на токарно-карусельных станках имеют, как правило, большие массы и габаритные размеры, их установку и снятие токарь может производить, если имеет квалификацию такелажника.

Заготовка должна закрепляться достаточно прочно, чтобы под действием сил,

возникающих при резании, она не сдвинулась с места, но при этом надо учитывать, что возникающие при сильном зажиме напряжения и деформации снижают точность обработки. При установке заготовку выверяют так, чтобы обеспечить равномерное распределение припусков на обрабатываемых поверхностях.

Недопустима установка резцов и другого инструмента или их смена при вращающейся планшайбе. Установка и выверка заготовок (деталей) на планшайбе станка составляет значительную часть общего времени обработки. Поэтому следует стремиться уменьшить число установок и переустановок. Существенное значение в сокращении времени обработки приобретает принятая последовательность и выбранный способ обработки, а также совмещение работы суппортов и применение многоинструментальных наладок.

## 22.7. Токарно-карусельные станки с ЧПУ

Для одностоечных токарно-карусельных станков с ЧПУ (рис. 22.18, а) принята следующая система координат: у вертикального суппорта ось  $Z$  совпадает с осью вращения планшайбы, а точка пересечения оси  $X$  с осью  $Z$  — нулевая точка отсчета может быть принята в любом месте оси  $Z$ . У бокового суппорта вертикальная ось  $W$ , а горизонтальная  $U$ .

Для двухстоечных токарно-карусельных станков с ЧПУ (рис. 22.18, б) принята следующая система координат: у правого вертикального суппорта оси  $X$  и  $Z$  и у левого вертикального суппорта оси  $W$  и  $U$ . При выборе начала отсчета координат (нулевой точки) могут быть приняты базовая поверхность опоры заготовки на планшайбе или в приспособлении или верхний торец обрабатываемой заготовки.

Токарно-карусельные станки с позиционными устройствами ЧПУ (исполнение Ф2) обрабатывают только гладкие или ступенчатые (внутренние и наружные) цилиндрические, плоские и конические (с углом не более  $45^\circ$ ) поверхности. Станки имеют по два управляемых суппорта: одностоечные моделей 1512Ф2 и 1516Ф2 — вертикальный и боковой суппорты, двухстоечные моделей 1525Ф2, 1540Ф2 — два вертикальных суппорта. Для управления станками используют системы УЧПУ модели П32-3М.

Основные режимы работы задают изменением положения переключателя режимов 22 на пульте устройства ЧПУ П32-3М (рис. 22.19). При этом он может быть установлен в положении «Индикация» (ручное управление), «Автоматический режим», «Полуавтоматический режим», «Ручной ввод», «Восстановление» и «Поиск кадра».

Включение и выключение УЧПУ производят кнопками 9 и 8 с контрольной

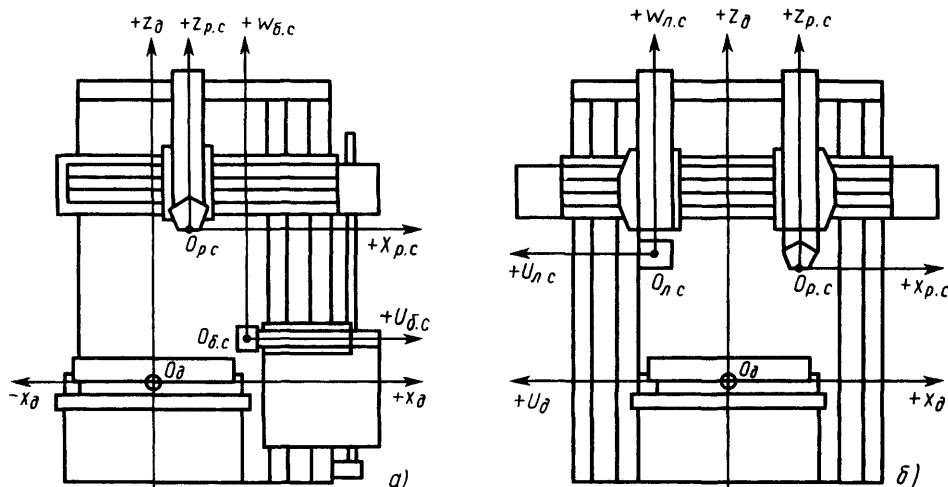


Рис. 22.18. Обозначение осей координат в токарно-карусельных станках с ЧПУ

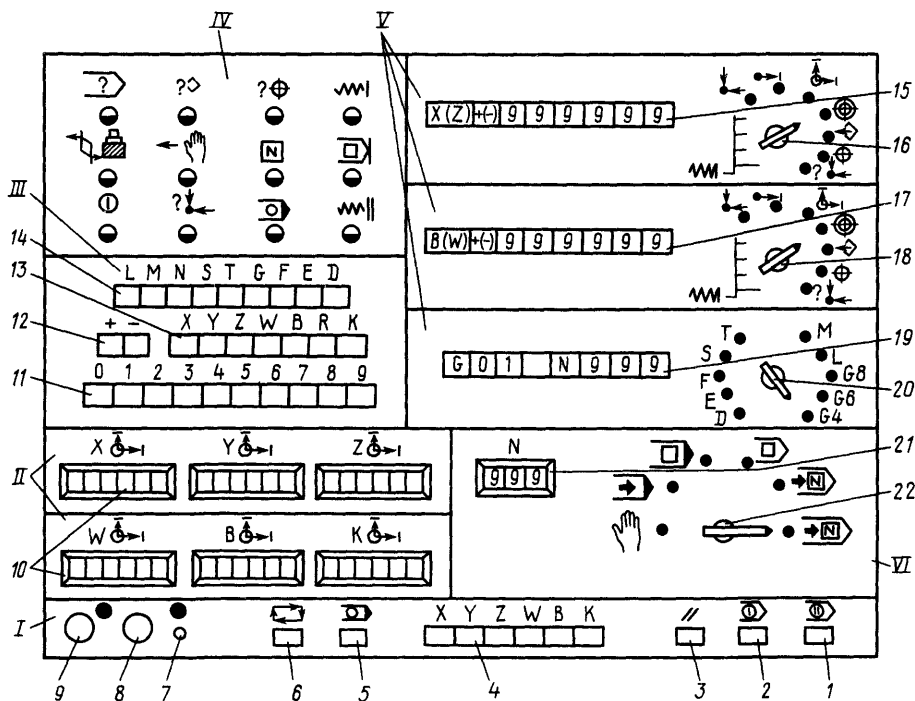


Рис. 22.19. Пульт управления устройством ПЗ2-3М

сигнальной лампой 7. Начальное (исходное) положение УЧПУ задается автоматически при включении, а во всех остальных случаях — нажатием кнопки 3 «Сброс» (стирание из памяти ЧПУ всей ранее введенной информации).

В режиме «Индикация» управление станком осуществляют с пульта станка. Для этого тумблер на пульте станка устанавливают в положение «Рука», а переключатель режимов на пульте ЧПУ — в положение «Индикация». В этом режиме УЧПУ осуществляет индикацию текущей координаты на табло индикатором 15 по осям X и Z и индикатором 17 по осям U и W, а также индикатором 19 кода функции и номера кадра. Для осуществления индикации нажимают одну из клавиш 4. Переключатель индикации устанавливают в положение «Работа». На табло будет показана индикация перемещения относительно заданного нуля. Кнопка 1 «Стоп» на пульте ЧПУ в этом режиме не действует.

Автоматический и полуавтоматический режимы предназначены для работы станка от перфоленты. Работа в автоматическом режиме происходит при установке

переключателя 22 режимов в положение «Автомат». Переключатели индикации 16, 18 и 20 необходимо также установить в положение «Автомат». Далее с помощью десятичных переключателей 10 производят (при необходимости) смещение нуля отсчета для всех координат, а с помощью переключателей, расположенных на боковой стороне УЧПУ, вводят величины и знаки коррекций. Работа станка начинается с момента нажатия на кнопку 2 «Пуск». При этом происходит считывание одного кадра перфоленты и обработка его станком. После отработки предыдущего кадра автоматически считывается следующий и снова осуществляется обработка считанного кадра станком. Так происходит до тех пор, пока с перфоленты не будут считаны команды M00, M01, M06 или не будет нажата кнопка 1 «Стоп». По этим командам автоматический цикл будет остановлен, а пустить его снова можно только кнопкой «Пуск» или кнопкой 6 «Повторение цикла», если кнопка «Стоп» была нажата во время обработки перемещений. Для остановки автоматического цикла можно также ис-

пользовать кнопку 5 «Технологический останов».

Остановить автоматический режим работы станка можно нажатием кнопки «Стоп» на пульте станка, но пользоваться ею в этих целях не рекомендуется, так как при этом прекращается вращение стола и для продления автоматического режима потребуется ввести команды (*М03, М04*) для его запуска.

Работа в полуавтоматическом режиме осуществляется при установке переключателя режимов в положение «Полуавтомат» и нажатии на кнопку «Пуск». После этого происходит считывание одного кадра перфоленты и отработка его станком. Затем станок останавливается. Для дальнейшей работы станка необходимо снова нажать на кнопку «Пуск».

В режиме «Ручной ввод» станок управляется только от устройства ЧПУ. В этом режиме движения по осям *X, Z, W, U* программируются непосредственно с пульта УЧПУ. Режим «Ручной ввод» может использоваться для полной обработки детали, частичной обработки и для ввода различных команд в режиме «Автомат» и «Полуавтомат». Режим «Ручной ввод» устанавливают тумблером на пульте станка и переключателем режимов на пульте УЧПУ. При этом с помощью кнопок *11, 12, 13* и *14* может быть набрана (с одновременной индикацией вводимой информации) информация: перемещение по осям, координаты плавающего нуля, скорость перемещений, автоматические (постоянные) циклы, включение и выключение стола и т. д. Набранную информацию с помощью переключателя ввода (положение «Кадр») и кнопка «Ввод» вводят в память ЧПУ. Для обработки заданной информации нажимают кнопку «Пуск» на пульте УЧПУ. Для контроля введенной информации на пульте УЧПУ имеются табло и переключатели *16, 18* и *20*.

Режим «Восстановление» используют для восстановления информации в памяти УЧПУ в случае ее утраты по различным причинам (ошибочное нажатие на клавишу «Сброс» и др.). Для восстановления необходимой информации переключатель режимов включают в положение «Восстановление», а на переключателе *21* устанавливают номер кадра, предшествующий

номеру кадра, который нужно отработать станку. Перфоленту в считывающем устройстве устанавливают на начало программы и нажимают кнопку «Пуск». Происходит автоматическое считывание перфоленты до установленного кадра. При этом все вспомогательные команды запоминаются УЧПУ и схемой станка, а движения не обрабатываются. После остановки движения перфоленты необходимо проверить, соответствует ли введенная информация прерванному технологическому процессу обработки детали. Переход на автоматический цикл осуществляют переводом переключателя режимов в положение «Автомат» и нажатием на клавишу «Пуск».

Режим «Поиск кадра» используют для быстрого нахождения нужного кадра. Для этого переключатель режима работ устанавливают в положение «Поиск кадра». Затем перфоленту выводят на начало программы, а на переключателе *21* устанавливают номер искомого кадра. Нажимают клавишу «Пуск», при этом лента быстро перематывается до нужного кадра и останавливается. В этом режиме заложенная ранее память в устройстве ЧПУ сохраняется. Контроль искомого кадра выполняют по индикации.

На пульте УЧПУ имеется блок с сигнальными лампами, дающими информацию о состоянии системы, выключении и отработке заданных команд. Поэтому возможные неисправности могут быть оперативно выявлены.

Токарно-карусельные станки с контурными устройствами ЧПУ (исполнение ФЗ) предназначены для обработки деталей из черных и цветных металлов в условиях единичного, мелкосерийного и серийного производства. На них можно производить обтачивание и растачивание поверхностей с прямолинейными и криволинейными образующими, протачивание торцовых поверхностей, прорезание кольцевых канавок, сверление, зенкерование и развертывание центральных отверстий и др. Эти станки особенно эффективны при обработке деталей с большим числом точных поверхностей.

Одностоечные станки моделей *1512Ф3, 1516Ф3* имеют по одному управляемому вертикальному суппорту с 5-позиционной

револьверной головкой, а двухстоечные станки модели 1525Ф3 — по два управляемых вертикальных суппорта.

Станки оснащены устройством ЧПУ модели Н55-2, осуществляющим автоматическое управление вертикальным суппортом с револьверной головкой и приводом главного движения. Управление исполнительными органами осуществляется по программе, вводимой в 8-дорожечной перфоленте, в режиме предварительного набора (ручного ввода данных) с помощью переключателей и кнопок, расположенных на панели управления устройством ЧПУ, а также в режиме наладки (от подвеса пульта).

Программа ЧПУ токарно-карусельными станками содержит геометрическую и технологическую информацию, из которых первая включает данные о траектории движения инструмента в виде координат опорных точек этой траектории, а вторая — данные о скорости, подаче, номере инструмента и т. д.

Кодирование геометрической информации у позиционных УЧПУ П32-3М выполняют в абсолютных значениях и кодируют адресами: для вертикального суппорта  $X$  и  $Z$  и для бокового суппорта  $U$  и  $W$ . У контурных УЧПУ Н55-2 размерные перемещения кодируют адресами  $X$ ,  $Z$ ,  $I$  и  $K$  и задают их в абсолютных значениях и приращениях с погрешностью до  $\pm 0,01$  мм. Примеры кодирования перемещений в абсолютных значениях и в приращениях по осям приведены ниже.

1. При программировании перемещения по отрезку прямой в кадре задают команду  $G01$  (линейная интерполяция) и координаты конечной точки  $X$ ,  $Z$  относительно начала отсчета размеров (заданные размеры в абсолютных значениях) или относительно начальной точки перемещения (заданные размеры в приращениях). Перемещение из точки  $A_0$  к точке  $A_1$  (рис. 22.20, а) при задании размеров в абсолютных значениях набирают кадром:  $N011G01X+005000...FE_2$ , а при задании размеров в приращениях —  $N011G01X-010000...FE_2$ .

2. При программировании перемещения по наклонной прямой из точки  $B_0$  в точку  $B_1$  (рис. 22.20, б) в абсолютных значениях размеров кадр имеет вид:  $N006G01H+015000Z+010000...FE_2$ , а при задании размеров в приращениях —  $N006G01X+010000Z-005000...FE_2$ .

3. При программировании перемещения из точки  $D_0$  в точку  $D_2$  (рис. 22.20, в) по дуге окружности (круговая интерполяция) в кадре задают команду  $G02$  или  $G03$  (движение по часовой стрелке или против), затем задают координаты  $I$  и  $K$  центра окружности (с радиусом  $R$ ) относительно начальной точки ( $D_0$  и  $D_1$ ) и координаты  $X$  и  $Z$  (в приращениях) конечной точки ( $D_1$  и  $D_2$ ):  $N004G02I+002000K+005000X-00200Z+00200...FE_2$ ,  $N005G03I-006000K-00400X-005000Z+003000...FE_2$ .

Скорость перемещения суппортов у станков с УЧПУ П32-3М записывают

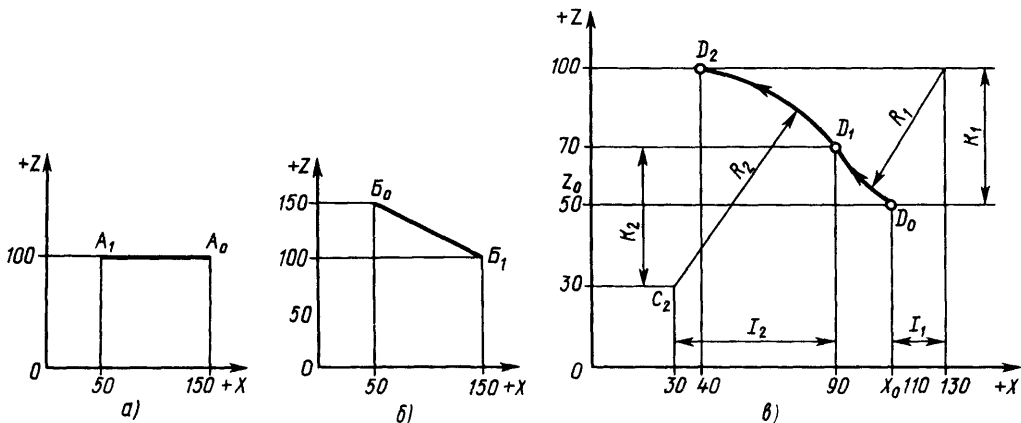


Рис. 22.20. Схемы (а—в) задания перемещений в абсолютных значениях и в приращениях по осям  $X$  и  $Z$

адресом  $F$  для правого вертикального суппорта и адресом  $E$  для бокового и левого вертикального суппортов. Скорость перемещения суппортов у станков с УЧПУ H55-2 записывают адресом  $F$  (мм/мин) и адресом  $R$  (об/мин). Частоту вращения планшайбы записывают адресом  $S$ .

Номер режущего инструмента соответствует номеру позиции револьверных головок и резцедержателей суппортов, имеющих автоматический поворот и фиксацию на каждой позиции, номер инструмента записывают адресом  $T$ . Смену инструмента программируют отдельным кадром.

При подготовке станка к работе инструмент (перед установкой на станке) должен быть предварительно настроен на размер. Фактические вылеты режущих кромок относительно базирующих поверхностей, позволяющих фиксировать инструмент в заданном положении на суппорте, должны быть установлены по двум координатам с погрешностью  $\pm 0,5$  мм, а измерены с погрешностью до  $0,01$  мм. Измеренные координаты (рис. 22.21) являются коррекциями на вылет инструмента по соответствующим осям. Эти размеры сохраняют свое значение до изнашивания или изменения положения инструмента в блоке. При обработке фасонных поверхностей начало координат должно соответствовать положению центра радиуса при вершине резца. Координаты положения режущих кромок инструмента заносят в карты наладки.

В карте наладки дают перечень необходимого вспомогательного и режущего инструмента для обработки заготовки с координатами вершин режущих кромок от программируемой точки отсчета, координаты исходной (нулевой) точки относительно абсолютной системы координат станка и другие данные.

Наладку токарно-карусельного станка выполняют в такой последовательности: по карте наладки подбирают режущий инструмент, блоки, державки и устройства для закрепления в них режущего инструмента; при необходимости производят вне станка проверку настройки или настройки режущего инструмента на заданные карты наладки координатные размеры с помощью специальных приборов; устанавливают настроенный инструмент в суппорты

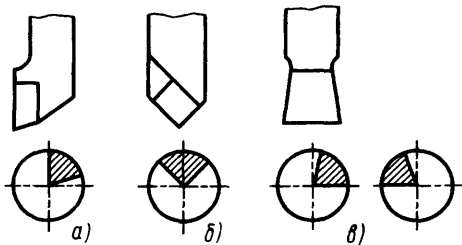


Рис. 22.21. Схемы (а—е) привязки в визире микроскопа режущих кромок резцов

станка и производят дополнительную его настройку, устанавливая на столе станка предусмотренные картой наладки базирующие и зажимные приспособления; устанавливают заготовку; закрепляют и проверяют ее положение относительно начала координат.

Затем на пульте управления устанавливают ручной режим управления, проверяют работоспособность рабочих органов станка на холостом ходу и исправность сигнализации на пульте управления, перемещают все суппорты в нулевое положение в соответствии с картой наладки.

После этого, убедившись в исправности и чистоте лентопротяжного механизма, устанавливают программатор и проверяют на ускоренном режиме выполнение рабочей программы пультом с индикацией текущей координаты рабочих органов станка без сбоев, а также безотказность индикации и световой сигнализации, проверяют отсутствие информации на корректорных переключателях и набирают на них значения, полученные при наладке станка.

Затем устанавливают на пульте управления автоматический режим управления и обрабатывают одну заготовку, измеряют деталь, вычисляют размеры коррекции и набирают их на корректорных переключателях, обрабатывают следующую заготовку, измеряют ее и при необходимости вводят дополнительную коррекцию.

Периодически производят измерение обработанных деталей в партии и в случае отклонения фактических размеров от заданных чертежом или картой наладки выполняют коррекцию программы переключателями.

1. Назовите основные типы токарно-карусельных станков.
2. Расскажите об основных частях одно- и двухстоечного токарных карусельных станков.
3. Как выполняют наладку токарно-карусельного станка и как ведут обработку наружных и внутренних поверхностей?

4. В чем заключается отличие заготовок, обрабатываемых на токарно-карусельных станках, от заготовок, обрабатываемых на токарно-винторезных станках?

5. Расскажите, в какой последовательности выполняется наладка токарно-карусельного станка с ЧПУ.

## 23. Сведения по сопротивлению материалов

### 23.1. Основные положения

В процессе работы конструкция металлообрабатывающего станка или любой другой машины должна выдерживать действующие на нее нагрузки. Для этого детали станка должны быть выполнены из соответствующего материала и иметь необходимые размеры и формы, которые определяются научно обоснованным расчетом.

Сопротивление материалов — наука о прочности и деформируемости элементов (деталей) сооружений, машин и механизмов. Основные объекты изучения этой науки — брусья (стержни и балки), для которых устанавливаются соответствующие методы расчета на прочность, жесткость и устойчивость при действии статических и динамических нагрузок.

Брус — тело, у которого один размер (длина) велик по сравнению с двумя другими размерами (в плоскости поперечного сечения); иногда при растяжении брус называют также стержнем, а при изгибе — балкой. Линию, соединяющую центры тяжести поперечных сечений бруса, называют его осью.

Теоретические положения сопротивления материалов базируются на законах и выводах теоретической механики, а также на опытных данных о свойствах материалов деформироваться под действием приложенных к ним внешних сил.

При анализе движений в механизмах и машинах принято рассматривать каждую деталь как абсолютно твердое тело, т. е. совершенно не изменяющееся под действием приложенных сил. Фактически при воздействии на тело внешних нагрузок

происходит изменение расстояний между его частицами. При этом тело меняет свои размеры и первоначальную геометрическую форму, т. е. деформируется.

Внутренние силы, действующие между частицами, оказывают сопротивление внешним нагрузкам, приложенным к телу. Поэтому деформация тела продолжается до тех пор, пока не установится равновесие между конечными внешними нагрузками и внутренними силами сопротивления (силами упругости); такое состояние тела называют напряженным.

Если после снятия нагрузки тело может полностью восстановить свою первоначальную геометрическую форму, то его принято считать совершенно упругим, а деформации — упругими. Если после снятия нагрузки геометрическая форма тела восстанавливается не полностью, то его принято считать частично упругим, а деформации — остаточными или пластическими.

Тело, способное безопасно выдержать нагрузки в границах допустимых изменений размеров, называют прочным. Тело обладает требуемой жесткостью, если оно при деформациях изменяет свои размеры в заданных пределах.

### 23.2. Деформации деталей под действием нагрузки

Сложные деформации деталей, возникающие под действием нагрузки, можно представить простыми составляющими перемещений. Если перемещения происходят вдоль прямой линии, их называют линейными.

Под действием осевой нагрузки длина

призматического бруса (рис. 23.1, а) увеличивается от  $l$  до  $l_1$  на величину  $\Delta l = l_1 - l$ , которую называют абсолютным удлинением при растяжении. Более характерным показателем линейной деформации бруса является его относительное удлинение  $\epsilon = (\Delta l / l) \cdot 100 \%$ .

Перемещения, связанные с поворотом линий и плоскостей (сечений), называют угловыми. Если на свободный торец стержня действует момент сил, приложенных в плоскости поперечного сечения, то торцовое сечение повернется относительно неподвижно закрепленного торца на угол  $\varphi$ , называемый абсолютным углом закручивания стержня (рис. 23.1, б). Относительный угол закручивания  $\theta = \varphi / l$ , где  $l$  — длина стержня.

Если к свободному торцу стержня приложить нагрузку, действующую в плоскости его осевого сечения перпендикулярно оси, то торцовое сечение стержня одновременно совершит два перемещения: линейное на величину  $f$  и угловое на угол  $\delta$  (рис. 23.1, в).

Если к стержню в сечениях  $ab$  и  $cd$  приложить две равные силы  $P$  (рис. 23.2, а), близко расположенные к поперечному сечению  $ab$  и направленные навстречу друг другу, то при достаточной величине этих сил происходит срез, аналогичный разрезанию материалов ножницами. Предшествующая срезу деформация, при которой происходит смещение поверхностей вдоль поперечного сечения стержня (см. сечение  $c'd'$  на рис. 23.2, б), называют сдвигом. Величину, на которую произошло это смещение, называют абсолютным сдвигом, а угол  $\nu$ , образовавшийся при смещении, — относительным сдвигом.

Если к призматическому брусу постоянного сечения приложить сжимающую нагрузку  $P$  (рис. 23.3), его длина  $l$  уменьшается на  $\Delta l$ , а поперечный размер  $h$  увеличивается на  $\Delta h$ , где  $\Delta l$  — абсолютное уменьшение длины, а  $\Delta h$  — абсолютное увеличение поперечного размера. Относительное уменьшение длины бруса  $\epsilon = \Delta l / l$ , а относительное увеличение поперечного размера  $\epsilon' = \Delta h / h$ .

При нагружении длинного бруса продольной сжимающей нагрузкой  $P$  помимо

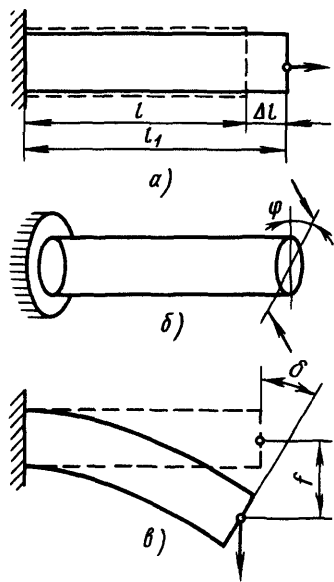


Рис. 23.1. Перемещения (а—в) бруса под действием внешних нагрузок

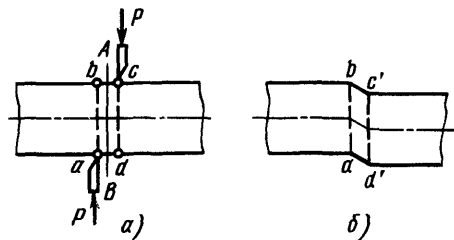


Рис. 23.2. Деформация бруса при сдвиге

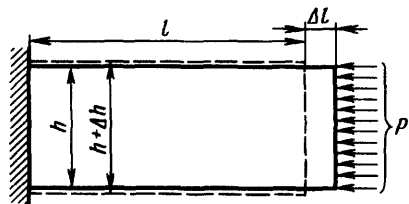


Рис. 23.3. Сжатие бруса

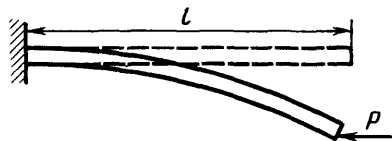


Рис. 23.4. Продольный изгиб при сжатии



сжатия происходит продольный изгиб (рис. 23.4), который вызывает искривление оси бруса.

### 23.3. Расчет бруса при изгибе

При изгибающей деформации бруса продольные волокна искривляются под действием сил или моментов (пар сил), действующих вдоль оси бруса. Изгиб бруса под действием сил и моментов, лежащих в одной плоскости, называют плоским. Изгиб бруса, вызываемый двумя равными и расположенными в одной плоскости моментами, направленными в противоположные стороны, называют чистым. Изгиб бруса, вызываемый изгибающими моментами, а также действием поперечных сил, называют поперечным.

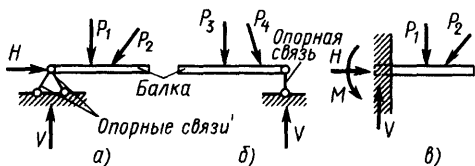


Рис. 23.5. Опоры балок

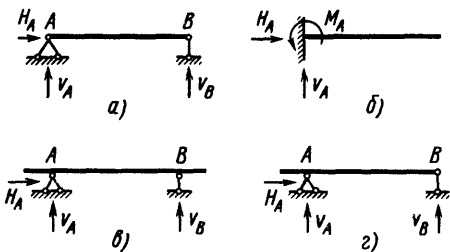


Рис. 23.6. Типы балок:

а — простая, б — консоль, в — одноконсольная, г — двухконсольная

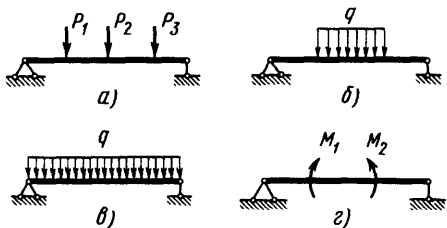


Рис. 23.7. Виды внешних нагрузок

Балку, опирающуюся на неподвижную и подвижную опоры, называют простой. Неподвижная шарнирная опора (рис. 23.5, а) препятствует смещению балки в вертикальной и горизонтальной плоскостях и допускает свободный поворот опорного сечения балки под действием нагрузки. Силы  $P_1$  и  $P_2$ , действующие на балку, вызывают в неподвижной опоре противодействие в виде сил  $H$  и  $V$ , которые называют реакциями опоры. Подвижная шарнирная опора (рис. 23.5, б) уравнивает силы  $P_3$  и  $P_4$ , приложенные к балке, только в вертикальной плоскости (реакция  $V$ ).

Балка, у которой один конец жестко зашпелен в опоре, а другой — свободен, называют консолью. В жесткой опоре (рис. 23.5, в) под действием сил  $P_1$  и  $P_2$  возникают реактивный момент  $M$ , вертикальная реакция  $V$  и горизонтальная реакция  $H$ . На рис. 23.6 показаны балки различных типов.

Внешние нагрузки на балку проявляются в виде сил  $P_1, P_2, P_3, \dots, P_i$ , приложенных в отдельных точках (рис. 23.7, а) распределенной нагрузки, действующей на отдельном участке балки (рис. 23.7, б) или по всей ее длине (рис. 23.7, в), сосредоточенных моментов (рис. 23.7, г).

Расчет балок начинают с определения опорных реакций, для чего составляют три уравнения равновесия:  $\Sigma X=0$ ;  $\Sigma Y=0$ ;  $\Sigma M=0$ .

Балка находится в равновесии, если сумма проекций всех сил (включая реакции опор) на осях  $X$  и  $Y$  равна нулю и сумма моментов всех сил относительно любой точки балки равна нулю. Если силы, изгибающие балку, перпендикулярны ее оси, то для определения реакций опор используют только два уравнения равновесия:

**Пример 1.** Балка  $AB$  свободно лежит на двух опорах и нагружена сосредоточенной силой  $P$  (рис. 23.8, а). Поскольку сила  $P$  действует вертикально вниз, то реакции опор  $A$  и  $B$  направлены вертикально вверх и определяются из двух уравнений равновесия:  $\Sigma M_A=0, Pa - Bl = 0$ ;  $\Sigma Y=0, A - P + B = 0$ .

Из первого уравнения находим  $B = Pa/l$ . Подставив значение  $B$  во второе уравнение, находим  $A = P - (Pa/l) = P[(l-a)/l] = Pb/l$ .

Если на балку действует сложная нагрузка или несколько различных нагрузок, то для определения наиболее опасных сечений (т. е. таких,

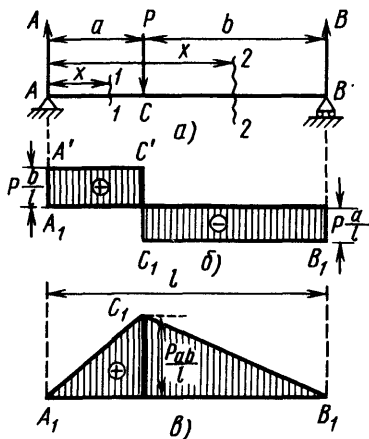


Рис. 23.8. Эпюры (а—в) поперечных сил и изгибающих моментов для двухопорной балки

в которых появляются наибольшие напряжения) необходимо знать изменение моментов и поперечных сил по длине всей балки. Для большей наглядности строят графики изменения поперечных сил и моментов по длине балки, называемые эпюрами и поперечных сил и изгибающих моментов.

Для определения воздействия на балку сложной нагрузки или нескольких различных нагрузок удобно построить сначала эпюры от каждой нагрузки в отдельности (сложная нагрузка разделяется на ряд простейших), а затем сложением ординат составляющих эпюру получить окончательные эпюры от полной нагрузки.

Эпюра поперечных сил (рис. 23.8, б) и изгибающих моментов (рис. 23.8, а) имеет два участка; первый — от левой опоры А до сечения С, где приложена сила  $P$ ; второй — от сечения С до правой опоры В.

Во всех сечениях первого участка, лежащих левее сечения С, действует сила, равная реакции левой опоры  $A = Pb/l$  и направленная вверх, т. е. на первом участке поперечная сила постоянна. Для построения эпюры откладывают от точки А вверх отрезок  $AA'$  (в масштабе, соответствующем величине силы в опоре А) и проводят горизонтальную линию  $A'C'$  до конца первого участка. В сечении С, где приложена сила  $P$ , поперечная сила делает скачок вниз (из точки  $C_1$  в точку  $C'$ ) на величину этой силы. Поэтому на втором участке поперечная сила равна реакции правой опоры  $B = Pa/l$ , для построения эпюры проводят горизонтальную линию  $C_1B_1$ .

При построении эпюры изгибающих моментов выбирают любой участок балки, ограниченный сечением 1—1 на расстоянии  $x$  от левой опоры. Изгибающий момент на этом участке

определяют по формуле  $M_{1-1} = Ax = (Pb/l)x$ , откуда видно, что момент  $M_{1-1}$  увеличивается прямо пропорционально расстоянию  $x$ . Величина  $x$  в этом уравнении изменяется в пределах  $0 < x < a$ . Следовательно, для построения графика достаточно определить значения моментов в двух сечениях: при  $x=0$  момент  $M_A = 0$  (опора А), а при  $x=a$  момент  $M_C = Pab/l$  (сечение С).

Для сечения 2—2 изгибающий момент определяют по формуле  $M_{2-2} = Ax - P(x-a) = (Pb/l)x - P(x-a)$ , из которой видно, что это уравнение первой степени. Величина  $x$  в данном уравнении изменяется в пределах  $a < x < (a+b)$ . При  $x=a$  момент  $M_C = Pab/l$  (сечение С), а при  $x=a+b=l$  момент  $M_B = 0$  (опора В).

Следовательно, эпюра изгибающих моментов изобразится ломаной линией  $A_1C_1B_1$ , постоянной на сжатых волокнах балки. Из эпюры видно, что в сечении С, где поперечная сила  $P$  переходит через нуль, изгибающий момент имеет максимальное значение  $M_{\max} = Pab/l$ , т. е. сечение С наиболее нагружено.

**Пример 2.** Балка (рис. 23.9, а) защемлена одним концом и изгибается сосредоточенной силой  $P$ , приложенной у свободного конца. При построении эпюры поперечных сил и изгибающих моментов из уравнений равновесия находим:  $\Sigma Y = A - P = 0$ ,  $A = P$ ;  $\Sigma M_A = 0$ ,  $-M + Pl = 0$ ,  $M = Pl$ .

Во всех сечениях балки, лежащих левее сечения 1—1, действует сила, равная силе  $P$  и направленная вверх. Поэтому для построения эпюры поперечных сил (рис. 23.9, б) от точки, соответствующей опоре А, откладывают вверх отрезок (в масштабе, соответствующем реакции в опоре А) и проводят горизонтальную линию до точки, соответствующей опоре В.

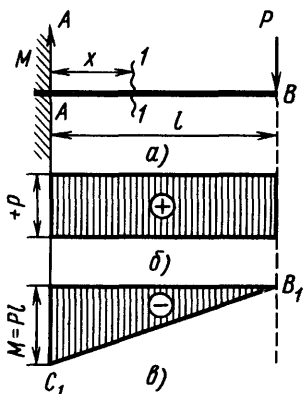


Рис. 23.9. Построение эпюр (а—в) поперечных сил для консольной балки

Для определения изгибающего момента в сечении  $l-l$ , отстоящем на расстоянии  $x$  от заделки, составляют уравнение равновесия моментов от всех нагрузок, лежащих по одну сторону от сечения (например, слева):  $M_{l-1} = -M + Ax$ . Подставив значения  $M$  и  $A$ , получают  $M_{l-1} = -Pl - Px = -P(l+x)$ , где  $x$  может принимать любые значения в пределах  $0 < x < l$ . При  $x=0$  момент  $M_A = -Pl$  (опора  $A$ ), а при  $x=l$  момент  $M_B = 0$  (свободный конец  $B$ ). Поскольку уравнение моментов является уравнением первой степени, то эпюру изгибающих моментов (рис. 23.9, в) изображают прямой, соединяющей точку  $B_1$ , где  $M=0$ , с точкой  $C_1$ , где  $M=-Pl$ . Из эпюры видно, что для консольной балки наиболее нагруженным является сечение балки в месте ее заделки.

Зная усилия, действующие на балку при изгибе, можно определить напряжения, возникающие в ее наиболее нагруженных сечениях. Под действием нагрузки балка прогибается таким образом, что ее нижние продольные волокна удлиняются (растягиваются), а верхние — укорачиваются (сжимаются). Отсюда следует, что существует и такой слой волокон, называемый нейтральным, который не меняет своей длины. Применяя закон Гука для осевого растяжения (сжатия), получают зависимость  $\sigma = E\varepsilon$ , где  $\sigma$  — напряжение при растяжении (сжатии);  $E$  — модуль упругости;  $\varepsilon$  — относительное удлинение (укорачивание) волокон.

Так как относительное удлинение (укорачивание) возрастает от нейтрального слоя к крайним волокнам балки, то возникающее при изгибе напряжение  $\sigma = My/j = M/W$ , где  $M$  — изгибающий момент;  $y$  — расстояние наиболее удаленного волокна балки от нейтрального слоя;  $j$  — момент инерции балки;  $W = j/y$  — момент сопротивления сечения балки изгибу.

Например, для балки прямоугольного сечения с основанием  $b$  и высотой  $h$  момент сопротивления  $W_n = j/(h/2) = bh^3/(12 \cdot h/2) = bh^2/6$ ; для балки квадратного сечения со стороной  $a$  момент сопротивления  $W_{кв} = j/(a/2) = a^4/(12 \cdot a/2) = a^3/6$ ; для балки круглого сечения диаметром  $d$  момент сопротивления  $W_{кр} = j/(d/2) = (\pi d^4)/(64 \cdot d/2) = \pi d^3/32 \approx 0,1d^3$ .

Так как вблизи от нейтрального слоя (оси бруса) материал мало напряжен, целесообразно сосредоточить материал в тех местах, где напряжение наибольшее. Поэтому предпочтительны балки с сечением в виде двутавра, швеллера и т. п.

Уравнение прочности при изгибе имеет вид:  $\sigma = M_{\max}/W \leq [\sigma]$ , где  $[\sigma]$  — допускаемое напряжение при изгибе для материала балки. При этом  $[\sigma]/[\sigma_p]$  или  $[\sigma] = [\sigma_{сж}]$ , где  $[\sigma_p]$  — допускаемое напряжение на растяжение;  $[\sigma_{сж}]$  — допускаемое напряжение на сжатие.

Под действием моментов (или пар сил), действующих в плоскостях, перпендикулярных оси бруса, навстречу друг другу продольные волокна бруса деформируются (искривляются) по винтовой линии.

В общем случае на брус действуют несколько крутящих моментов, приложенных в различных сечениях по его длине и взаимно уравновешенных. Крутящий момент, действующий в каком-либо сечении на одну часть бруса, равен по величине и противоположен по направлению крутящему моменту, действующему в том же сечении на другую его часть. Условно считают крутящий момент положительным, если он направлен по ходу часовой стрелки при взгляде от сечения к любому торцу бруса. Если к брусу приложено несколько крутящих моментов, то величина этого момента постоянна в пределах каждого участка между смежными крутящими моментами и меняется скачкообразно в сечениях, где эти моменты приложены.

Эпюра крутящих моментов приведена на рис. 23.10. Под действием крутящих моментов, направленных в разные стороны, на поверхности любого сечения бруса возникают касательные напряжения  $\tau$ , характер изменения которых показан на эпюре (рис. 23.11).

На основании закона Гука для сдвига можно записать зависимость  $\tau = G\gamma$ , где  $G$  — модуль сдвига,  $\gamma = r\theta$  — угол сдвига (рис. 23.12),  $r$  — наибольший радиус сечения,  $\theta$  — относительный угол закручивания на единицу длины  $l$  бруса. Относительный угол закручивания  $\theta = M_{кр}/GJ_p$ , где  $M_{кр}$  — крутящий момент,  $J_p$  — полярный момент инерции сечения бруса. Максимальное касательное напряжение при кручении круглого бруса  $\tau_{\max} = M_{кр}r/J_p = M_{кр}/W_p$ , где  $W_p$  — полярный момент сопротивления;  $r$  — наибольший радиус сечения.

Условие прочности вала при кручении имеет вид  $\tau_{\max} = M_{кр\max}/W_p \leq \tau_{кр}$ , где  $[\tau_{кр}]$  — допускаемое касательное напряжение при кручении. Для стали  $[\tau_{кр}] = (0,55 \div 0,6)[\sigma_p]$ , для чугуна  $[\tau_{кр}] = (1,0 \div 1,2)[\sigma_p]$ .

Условие жесткости вала при кручении имеет вид  $\theta_{\max} = M_{кр\max}/GJ_p \leq [\theta]$ , где  $\theta_{\max}$

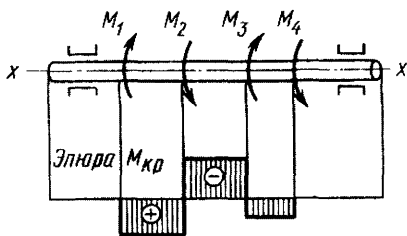


Рис. 23.10. Эпюра крутящих моментов для вала

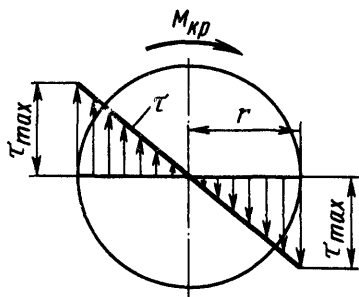


Рис. 23.11. Эпюры касательных напряжений при кручении

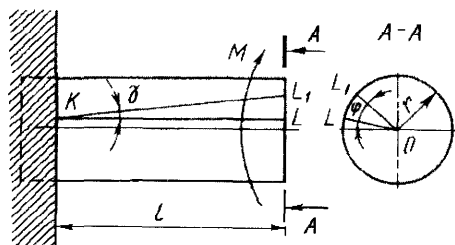


Рис. 23.12. Деформация бруса при кручении

мироваться (изменять форму и объем) под действием внешних сил, не разрушаясь, изменять свою форму и размеры после снятия сил, т.е. получать необратимую деформацию. Твердость — способность материалов сопротивляться проникновению в него другого, более твердого материала. Ударная вязкость — способность материалов сопротивляться динамическим нагрузкам — ударам. Ползучесть — способность материала медленно и непрерывно удлиняться от постоянных, приложенных к нему сил, особенно при работе в условиях повышенных и высоких тепловых режимов. Выносливость — способность материала выдерживать повторные или знакопеременные нагрузки.

Для определения прочности материала (в виде специально изготовленных образцов круглого или прямоугольного сечения определенных размеров) проводят испытания на растяжение и сжатие. При испытании на растяжение образец зажимают в захваты испытательной машины и нагружают вдоль оси возрастающей силой  $P$  до разрыва образца.

До определенного значения силы  $P$  образцы из стали равномерно удлиняются, утончаясь с ростом удлинения. Превышение определенного значения  $P$  связано с появлением шейки, т.е. местного сужения образца. При дальнейшем росте  $P$  растяжение концентрируется в зоне шейки, а сечение в середине шейки стремительно уменьшается, происходит разрыв образца. Силу  $P$  растяжения, при которой происходит разрыв образца, называют разрушающей. Временное сопротивление, или предел прочности (в Па) поперечного сечения,  $\sigma_B = P/F$ , где  $F$  — площадь поперечного сечения образца.

Для хрупких материалов (например, чугуна) сопротивление сжатию выше, чем сопротивление растяжению. Поэтому прочность таких материалов характеризуется силой  $P$  сжатия, при которой происходит разрушение образца с площадью  $F$  сечения.

Пластичность металлов характеризуется относительным удлинением  $\delta$  образца при разрыве по сравнению с его первоначальной длиной. Измерением расстояния между метками (кернами), нане-

и  $[\theta]$  — соответственно максимальный и допускаемый относительный угол закручивания.

## 23.5. Механические свойства металлов и методы их определения

К механическим относят прочность, твердость, ударную вязкость и другие свойства материалов. Прочность — способность материалов сопротивляться действию внешних сил, выдерживать их, не разрушаясь. Упругость — способность материалов возвращаться в первоначальное состояние по прекращению действия силы, вызвавшей изменение их положения, формы и объема. Пластичность — способность материалов дефор-

сенными на рабочей части образца до и после разрыва, определяют относительное удлинение по формуле  $\delta = [(l_k - l_0) / l_0] \cdot 100 \%$ , где  $l_0$  — длина участка образца до начала испытания,  $l_k$  — длина участка после разрыва.

Предел  $\sigma_n$  прочности при изгибе определяют для хрупких металлов (главным образом для чугуна и закаленных сталей).

Нагрузка может быть сосредоточенной, приложенной посередине пролета, или приложенной к двум точкам на равном расстоянии от опор с одинаковым усилием (чистый изгиб). Предел прочности при изгибе  $\sigma_n = M_n / W$ , где  $M_n$  — изгибающий момент от приложенной нагрузки,  $W$  — момент сопротивления.

Твердость определяют вдавливанием в поверхность испытуемого металла стального шарика (метод Бринелля), алмазного конуса (метод Роквелла) или алмазной пирамиды (метод Виккерса).

По методу Бринелля шарик из твердой стали вдавливаются с заданной и точно известной силой в плоскую поверхность металлического образца. В результате на образце остается отпечаток в виде шарового сегмента. Число твердости (НВ) определяют делением нагрузки на площадь отпечатка. Перед числом твердости, полученным по методу Бринелля, ставится символ НВ (например, НВ 240).

При измерении твердости алмазной пирамидой по Виккерсу наконечник в форме правильной четырехгранной пирамиды вдавливаются в испытуемый образец (или изделие) под действием нагрузки, приложенной в интервале определенного времени. После удаления нагрузки производят

измерение диагонали отпечатка на поверхности образца. Число твердости (НВ) определяют делением нагрузки на площадь боковой поверхности полученного пирамидального отпечатка. Перед числом твердости, полученным по методу Виккерса, ставится символ НВ (например, НВ 300). Метод Виккерса позволяет измерять твердость всех материалов, начиная с самых мягких и кончая самыми твердыми. Числа твердости по Виккерсу и по Бринеллю имеют одинаковую размерность и для материалов с твердостью до НВ 450 практически совпадают.

При измерении твердости по Роквеллу наконечник в виде алмазного конуса или стального шарика вдавливаются под определенной нагрузкой в испытуемый образец (или изделие). За единицу твердости по Роквеллу условно принята величина, соответствующая осевому перемещению наконечника на 0,002 мм. Перед числом твердости, полученным по методу Роквелла, ставится символ НС (например, НС 35—40).

#### Контрольные вопросы

1. Какие объекты изучает наука сопротивление материалов?
2. Какие деформации испытывает тело при растяжении, сдвиге, сжатии, кручении?
3. С чего начинают расчет балок на изгиб?
4. Как определяют наиболее нагруженные сечения балки?
5. В чем заключается условие прочности вала при закручивании?
6. Как определяют прочность материала?
7. Как измеряют твердость материала?

## 24. Основы стандартизации и качества продукции

### 24.1. Основные положения стандартизации

Стандартизация — эффективное средство повышения уровня организации, планирования и управления народным хозяйством. Стандартизация в нашей стране является частью единой общегосударственной технической политики, осуше-

ствляемой во всех отраслях народного хозяйства. По своему содержанию она строится по системному принципу и поэтому называется Государственной системой стандартизации (ГСС).

Слова «Стандарт» и «Стандартизация» в переводе с английского могут иметь значение «Образец» или «Приведение

к образцовому состоянию». ГСС устанавливает категории и виды стандартов, а также порядок их разработки, начиная от планирования и кончая их внедрением. Система предусматривает ряд положений, необходимых для реализации требований стандартов, направленных на ускорение технического прогресса и улучшение качества продукции.

Стандарты в Российской Федерации подразделяют на следующие категории: государственные стандарты (ГОСТ), отраслевые стандарты (ОСТ), стандарты предприятий и производственных объединений (СТП).

ГОСТ обязателен к применению всеми предприятиями, организациями и учреждениями и утверждается Государственным комитетом РФ по стандартам (Госстандарт).

ОСТ обязателен для всех предприятий и организаций одной отрасли, а также для предприятий и организаций других отраслей, изготавливающих и применяющих продукцию.

Отраслевые стандарты включают в себя нормы, правила, термины, обозначения, устанавливают требования к сырью, материалам, топливу, технологическим процессам, инструментам, оснастке и продукции мелкосерийного или отраслевого производства.

СТП обязателен для предприятия или производственного объединения, руководством которого он утвержден.

Для обеспечения взаимопонимания при товарообмене разных стран в процессе международного сотрудничества получила развитие международная стандартизация. Существуют различные международные организации по стандартизации. Наиболее крупные из них, разрабатывающие рекомендации по широкому кругу вопросов, являются Международная организация по стандартизации (ИСО) и Международная электротехническая комиссия (МЭК).

Российская Федерация активно участвует в работе ИСО и МЭК. Членство в ИСО

и МЭК дает РФ право получать национальные стандарты других стран, содержащие сведения о последних достижениях науки и техники, и вносить свои предложения в международные организации. Многие рекомендации международных организаций по стандартизации полностью или частично используются в нормативно-технической документации РФ.

В нашей стране стандартизация является основой регулирования качества продукции, объединяющей работы в этой области в различных отраслях народного хозяйства.

Повышение качества продукции осуществляется планомерно и целенаправленно. Этот процесс сопровождается внедрением новых и совершенствованием действующих стандартов, определяющих требования к качеству готовой продукции (на основе комплексной стандартизации ее качественных характеристик), а также требования к качеству сырья, материалов, полуфабрикатов и комплектующих изделий, необходимых для изготовления продукции с высокими показателями качества; совершенствование комплексов стандартов, определяющих организацию и требования к выполнению работ по обеспечению качества продукции, включающих Единую систему конструкторской документации (ЕСКД); Единую систему технологической подготовки производства (ЕСТПП); Единую систему технологической документации (ЕСТД); Комплексную систему управления качеством продукции (КС УКП) и др., а также совершенствование системы государственного надзора за внедрением и соблюдением стандартов, систем аттестации выпускаемой продукции и др.

## **24.2. Основные положения ЕСКД, ЕСТПП и метрологического обеспечения производства**

Единая система конструкторской документации (ЕСКД) — это правила оформления конструкторской документации с использованием единой терминологии, форм и содер-

жания различных конструкторских документов и правил выполнения чертежей изделий машиностроения. Эти правила изложены в системе государственных стандартов, которые учитывают международные рекомендации по правилам выполнения и оформления конструкторской документации (ИСО, МЭК и т.д.) и тем самым создают условия для широкого использования конструкторской документации российскими и зарубежными специалистами.

Система конструкторской документации условно состоит из следующих разделов: основные положения, обозначения конструкторских документов, правила выполнения текстовых документов, правила выполнения чертежей, правила выполнения схем и условных графических обозначений в них, правила внесения изменений, учета и хранения конструкторской документации, правила выполнения эксплуатационной и ремонтной документации.

ЕСКД предусматривает возможность автоматизации и механизации процесса труда при проектировании и выполнении чертежей, по которым производится изготовление деталей и сборка составных частей и машины в целом. В соответствии с ЕСКД изделия, изготавливаемые во всех отраслях машиностроения, при выполнении конструкторской документации можно разделить на детали и сборочные единицы. Деталь — часть изделий, не имеющая составных частей. Сборочная единица — часть изделия, состоящая из двух частей и более.

Чертеж детали содержит изображение детали и другие данные, необходимые для ее изготовления и контроля. Если чертеж на деталь не выпускается, то необходимые данные для изготовления и контроля деталей указываются на сборочных чертежах и в спецификации.

Сборочный чертеж содержит изображение изделия и другие данные, необходимые для его сборки (изготовления) и контроля. Спецификация — документ, определяющий состав сборочной единицы.

В целях сокращения цикла подготовки и освоения в производстве новых изделий, повышения качества продукции и эффективности производства на предприятиях создается, внедряется и непрерывно со-

вершенствуется Единая система технологической подготовки производства (ЕСТПП). ЕСТПП включает работы по обеспечению решения следующих задач: сокращение сроков и стоимости подготовки производства новых изделий высокого качества; совершенствование основного производства внедрением прогрессивных типовых и групповых технологических процессов, высокопроизводительного, быстроперенастраиваемого оборудования, универсальной и специализированной оснастки и инструмента, методов групповой обработки и сборки; совершенствование вспомогательного производства; внедрение прогрессивных форм организации производства с применением средств механизации, автоматизации и ЭВМ.

Составной частью ЕСТПП является Единая система технологической документации (ЕСТД). Комплекс стандартов этой системы является основой для разработки технологической документации, которая определяет прежде всего, как должен быть выполнен технологический процесс, с помощью какого оборудования, инструмента и приспособлений и т. д. Вместе с тем стандартами определяются взаимоотношения между рабочим и мастером, между производством и инструментальным хозяйством. Стандарты являются средством организации труда рабочих, а разрабатываемая по ним технологическая документация служит источником информации о трудоемкости и стоимости работы, о производительности труда, производственной мощности и загрузке оборудования. Эта информация позволяет также получить данные о нормах расхода материалов и другие сведения, необходимые для планирования, правильной организации труда, обслуживания и подготовки производства и управления им.

Сводный план подготовки производства разрабатывается на основе укрупненного сетевого графика и состоит из сетевого графика, отражающего сроки и распределение работ, и плана организационно-технических мероприятий.

Единая система технологической документации улучшает техническую подготовку производства, повышает ответствен-

ность и эффективность работы технологических служб заводов, позволяет резко сократить потери в производстве, повысить качество технологических разработок и заложить в техпроцессах более высокие гарантии повышения производительности труда и качества работы.

Основными работами по метрологическому обеспечению производства на предприятиях являются внедрение новой современной измерительной техники; совершенствование действующих средств и методов измерений; восстановление средств измерений; надзор за правильностью применения средств измерения; проверка приборов в сроки, предусмотренные графиками; метрологическая экспертиза конструкторской и технологической документации в части правильности назначения требований к точности изготовления, средств и методов измерения деталей и сборочных единиц; метрологический контроль точности выполнения заданных режимов технологических процессов и др.

Организацию и выполнение работ по метрологическому обеспечению выпуска продукции высокого качества на предприятиях обеспечивают специализированные метрологические службы.

Ответственность за соблюдение единства измерений и техническое состояние средств измерений на предприятии несет главный метролог, а также руководители цехов и служб, сотрудники которых применяют средства измерения при выполнении работ.

### **24.3. Управление качеством продукции**

Улучшение качества выпускаемой продукции является важнейшей предпосылкой для резкого повышения эффективности всего общественного производства. Оценку ее технического уровня и качества выполняют на предприятиях при аттестации, которая, являясь составной частью системы управления качеством, позволяет оценить результаты работ по внедрению в производство научно-технических достижений. **Качество продукции является важнейшим показателем деятельности предприятия.**

Технический контроль на промышленных предприятиях является одной из эффективных форм управления качеством продукции.

Дефекты, которые выявляют в процессе изготовления изделий, можно условно разделить на две категории. К первой категории относят дефекты, выявляемые в процессе изготовления изделий и связанные с ошибками в чертежах, с творческим поиском и недостаточной квалификацией работников, а к другой — дефекты, обусловленные небрежностью и невнимательностью исполнителей при выполнении работ. Технический контроль на промышленных предприятиях предназначен для проверки соответствия продукции или процесса, от которого зависит качество продукции, установленным техническим требованиям.

Различают следующие виды контроля: самоконтроль качества продукции, который может выполняться рабочим, оператором или наладчиком; контроль, выполняемый производственным мастером; контроль, выполняемый контролером или мастером отдела технического контроля.

По этапам технологического процесса выделяют следующие виды контроля: входной контроль, при котором проверяют исходные материалы, полуфабрикаты, готовые комплектующие изделия, техническую документацию и др.; операционный контроль, который распространяется на незавершенную продукцию на всех стадиях производства; приемочный контроль готовых изделий, деталей и сборочных единиц.

Контроль может быть сплошным, при котором проверяют всю продукцию без исключения, или выборочным, при котором производят проверку качества продукции по определенному числу изделий, взятых из общего количества.

По времени различают летучий, непрерывный и периодический контроль. Летучий контроль проводят, как правило, на рабочем месте и без плана в необходимых случаях, в основном для выяснения причин изготовления продукции с большими отклонениями от технических требований или дефектами и др. При непрерывном контроле проверяют каждую технологическую операцию изготовления изделий. Пе-



риодический контроль проводят в процессе изготовления изделия с периодичностью и по операциям, указанным в технологической документации. Особым видом является контроль соблюдения технологической дисциплины, под которым понимают проверку соответствия производственных операций требованиям технологических карт и другой технологической документации.

В соответствии с действующим положением на производственном объединении или предприятии ответственным за предотвращение выпуска продукции, не соответствующей требованиям чертежей, техническим условиям, стандартам и т. д.,

является отдел технического контроля (ОТК). На ОТК возложена также работа по укреплению производственной дисциплины по повышению ответственности всех производственных коллективов предприятия за качество выпускаемой продукции.

#### Контрольные вопросы

1. Назовите категории стандартов и расскажите об их назначении.
2. Расскажите о назначении ЕСКД, ЕСТПП и т. п.
3. Почему проблеме качества продукции придается решающее значение?
4. Какие известны виды контроля?

## 25. Требования безопасности на предприятии

### 25.1. Требования безопасности на территории предприятия

Основные технические средства безопасности подразделяют на средства коллективной и индивидуальной защиты. Средства коллективной защиты включают оградительные, предохранительные и тормозные устройства, сигнализацию об опасности, разрывы и габариты безопасности, средства дистанционного управления и др.

Оградительные устройства преграждают доступ к движущимся и токоведущим частям машин, станков и механизмов, защищают от летящей стружки и отходов распыления жидкостей, препятствуют падению людей в люки, проемы, каналы, имеющиеся в производственных помещениях и на территории заводов, и др.

Предохранительные устройства служат для предупреждения аварии и поломок, связанных с опасностью травмирования рабочих. Эти аварии могут быть вызваны перегрузкой станков, чрезмерным превышением скоростей движения, нарушением правил эксплуатации оборудования.

Тормозные устройства обеспечивают возможность быстрой остановки производственного оборудования или отдельных его элементов для предупреждения возможных аварий и несчастных случаев. На-

пример, металлорежущие станки снабжены тормозным устройством, позволяющим быстро остановить шпиндель станка.

Сигнальные устройства предупреждают о наступающей опасности световыми, показывающими или звуковыми сигналами. Эффективность действия сигнальных устройств зависит от внимания и оперативности действий рабочего, что зависит от его знаний оборудования и условий эксплуатации. К средствам сигнализации можно отнести подачу или снятие напряжения с лампочки или звукового устройства, стрелочного прибора, манометра, уровнемера и т. п. К ним относят также геометрическую форму, символы и цвет знаков, которые напоминают рабочим о необходимости соблюдать те или другие требования, помогают ориентироваться при выполнении производственных работ.

Находясь на территории предприятия, работающие должны строго соблюдать правила пешеходного движения, строго соблюдать указания знаков безопасности и световых сигналов. Нарушение правил поведения на территории предприятия может привести к материальным потерям и несчастным случаям.

Средства индивидуальной защиты предназначены для защиты рабочего от опасных и вредных факторов внешней среды и выдаются рабочим бесплатно в со-

ответствии с действующими нормами. К ним относят защитные очки, наголовные щитки, которые предохраняют от ранения глаз и лица разлетающейся стружкой и осколками инструмента.

Спецодежда также предохраняет тело рабочего от вредного воздействия внешней среды, от ожогов и ранений. Рукава спецодежды должны облегать руки и застегиваться на пуговицы. Завязки на рукавах не допустимы, так как их концы могут быть захвачены шпинделем станка или другими вращающимися деталями. Работать следует в головных уборах, с тем чтобы избежать захвата волос.

## **25.2. Требования безопасности в цехах предприятия**

В цехах предприятий организуют службы, которые проводят вводный инструктаж и обучают вновь поступающих на работу безопасным методам труда, пропагандируют мероприятия по технике безопасности, организуют занятия и просмотр кинофильмов по охране труда, участвуют в расследовании несчастных случаев и в других мероприятиях, вытекающих из особенностей работы предприятия.

Вводный инструктаж для вновь поступающих на работу проводят независимо от трудового стажа, так как в этом случае их знакомят с предприятием и особенностями его организации. Инструктаж на рабочем месте, который делится на первичный, повторный и внеочередной, проводит мастер, механик или другое ответственное за это лицо.

Первичный инструктаж перед допуском к выполнению работ проводят для вновь поступающих рабочих, а также для тех, кто переведен из другого цеха с одной работы на другую.

Повторный инструктаж на рабочем месте проводят для работающих вне зависимости от профессии в сроки, установленные правилами, а внеочередной инструктаж — в тех случаях, когда изменяются условия труда, при внедрении нового технологического процесса, замене оборудования и нарушении работающими правил безопасности труда и т. п.

Безопасные условия труда на рабочем месте обеспечиваются оснащением станка

средствами безопасности при подготовке его к работе и соблюдением работающими требований техники безопасности и гигиены труда. Это значит, что после ремонта, смазывания или профилактического осмотра станка должны быть установлены ограждения передач (зубчатых, ременных, цепных и т. д.), надежно закреплены части станка, которые перемещались при наладке и настройке, залито до требуемого уровня масло, проверена исправность решетки под ногами и удалены следы пролитого масла, приведена в порядок спецодежда и т. д.

При обработке заготовок необходимо следить за металлической стружкой, так как она представляет серьезную опасность для станочника. При точении сталей на высоких скоростях стружка может опутать резец, детали станка, маховики, рычаги и другие его части. В таких случаях необходимо остановить станок и убрать стружку с помощью крючков и щеток. Работать, не убирая стружку, опасно, так как она иногда не позволяет выключить станок, что может привести к аварии и более тяжелым последствиям.

Для экономии времени и исключения возможных нежелательных последствий следует применять инструмент со стружколомами. Но при этом учитывать, что в процессе резания элементы стружки, разлетаясь, могут травмировать глаза и лицо. Чтобы избежать этого, следует пользоваться очками или защитными щитками.

Большую опасность представляют поводковые патроны, если они не защищены во время работы ограждением. Хомутики поводковых патронов опасны тем, что могут причинить тяжелые ушибы выступающими частями, а также захватить ими одежду. Кулачковые патроны более безопасны в работе.

При обработке заготовок следует следить за надежностью их крепления, которое во многом зависит от состояния центров и центровых отверстий и соответствия центров выполняемой работе. При работе с изношенными центрами и неверно выполненными центровыми отверстиями обрабатываемая деталь под действием сил резания может быть вырвана из центров. Конические поверхности неподвижных центров следует густо смазывать перед

установкой заготовки. При обработке пруткового материала на токарно-револьверных станках и автоматах следует ограждать участок с быстровращающимся прутком.

### 25.3. Электробезопасность

Все случаи травмирования человека электрическим током делят на две основные группы: поражения внутреннего характера, так называемые «электрические удары», и внешние местные травмы-ожоги, металлизация кожи, электрические «знаки» (метки тока).

Проходя через тело человека, ток может вызвать судорожное сокращение мышц, в том числе и мышцы сердца, что иногда приводит к прекращению деятельности сердца и дыхания. Поэтому наибольшую опасность для жизни и здоровья человека представляют внутренние поражения — «электрические удары». Принято считать безопасным для человека ток силой до 0,02 А, а проходящий через тело человека ток силой 0,1 А и выше является смертельным.

Сопrotивление тела человека складывается из сопротивления внутренних органов и кожного покрова; при расчетах оно принимается равным 1000 Ом. Наиболее опасным считается ток промышленной частоты (40—70 Гц). Чем дольше человек находится под действием тока, тем тяжелее наносимая ему травма. Для нормальных условий работы в сухих помещениях допустимое напряжение не превышает 42 В.

Для защиты человека от поражения электрическим током имеются различные методы и средства, которые применяются в зависимости от обслуживаемого оборудования. Средства защиты делят на общие и специальные для электротехнического персонала.

К общим средствам защиты относят ограждения, изоляцию токоведущих частей и проводов, устройства размещения токоведущих проводов на недоступной высоте в коробах или с защитными ограждениями; малое напряжение, применяемое для питания ручного инструмента и ручных электроламп, например напряжение 12 В или 42 В для сухих

помещений. Цепи сигнальных ламп обычно включают на напряжение 6, 12, 24 и 36 В.

Электрооборудование станка присоединяется к сети посредством вводного пакетного переключателя или автомата. Последний отключает станок в случае короткого замыкания. Для нулевой защиты применяют контактор, который отключает станок при снижении напряжения ниже допустимого или при кратковременном отключении силовой сети. Во избежание случайных прикосновений к токоведущим частям электрооборудования шкаф управления снабжают замком и электроблокировкой, которая отключает станок при открывании шкафа. Провода, прокладываемые по станку, для защиты от механических повреждений и вредных воздействий охлаждающей жидкости монтируют в стальных трубах.

Защитное заземление — обязательное электрическое соединение с системой защитного заземления или зануления завода станины станка, с которой электрически соединены все металлические элементы электрооборудования станка, не несущие тока (корпуса, кожухи, шкафы, трубы и др.). Если какой-либо элемент станка вследствие аварии окажется под напряжением, то защитное заземление обеспечит электрическую безопасность при случайном прикосновении к нему человека.

Постоянное техническое обслуживание и ремонт устройств электроснабжения и электрооборудования станка проводят специально подготовленные специалисты — электротехники. В своей работе они используют специальные защитные устройства и средства в зависимости от условий работы. Диэлектрические перчатки, галоши, коврики применяют как дополнительные средства защиты при работе с неисправным оборудованием и при наличии шагового напряжения. Изолирующие штанги предназначены для отключения и включения однополюсных разъединителей, для наложения переносных участков электроснабжения и т. д. Изолирующие клещи применяют при замене трубчатых предохранителей под напряжением и при ремонтных работах. Токоизмерительные клещи служат для

измерения тока и определения токонеу-  
щих элементов оборудования и др.

В случае попадания рабочего под электрическое напряжение нужно уметь оказать ему первую помощь и при этом самому избежать поражения электрическим током. Этому вопросу посвящены специальная литература и плакаты, которые входят в учебную программу подготовки и повышения квалификации рабочих. В основном для оказания первой доврачебной помощи необходимо выполнить следующее.

Обесточить участок, на котором находится пострадавший, выключив рубильник или автомат, через который производится электроснабжение станка. При этом следует помнить, что к пострадавшему можно прикасаться только в резиновых перчатках или оттянуть его из зоны поражения электрическим током за одежду, если она сухая. Для освобождения пострадавшего от упавшего электрического провода следует пользоваться предметами, не проводящими электрический ток (деревянными, из пластмассы или другого диэлектрика). При этом, чтобы не быть пораженным шаговым напряжением, следует обратить внимание на защитные свойства обуви или передвигаться мелким шагом на полступни.

Если пострадавший находится в сознании после освобождения от действия тока, его следует уложить на подстилку и до прихода врача обеспечить полный покой и следить за его пульсом и дыханием. При потере сознания, но при устойчивом дыхании и пульсе следует освободить грудную клетку пострадавшего от стягивающей одежды, расслабить пояс, обеспечить приток свежего воздуха и до прихода врача периодически давать нюхать ему нашатырный спирт.

При отсутствии признаков жизни нельзя считать пострадавшего мертвым. Остановка дыхания и прекращение работы сердца может быть вызвано действием электрического тока, т. е. наступила так называемая клиническая смерть, но срочными мерами скорой помощи можно вернуть пострадавшего к жизни. При этом необходимо до прихода врача сделать пострадавшему массаж сердца и искусственное дыхание приемами, которые наглядно

даются на плакатах и в памятках по оказанию первой помощи.

Искусственное дыхание осуществляют путем ритмичного вдвухания воздуха по принципу «рот в рот» или «рот в нос», а поддержание искусственного кровообращения — путем наружного массажа сердца. Для этого пострадавшего кладут на спину, под его лопатки подкладывают валик из свернутой одежды. Оказывающий помощь подводит под затылок пострадавшего свою левую руку и отводит его голову назад. При этом положении открывают пострадавшему рот, освобождают платком рот от слизи, проверяют, не запал ли язык и нет ли во рту посторонних предметов (зубных протезов). Сделав два-три глубоких вдоха, оказывающий помощь вдвухает через марлю или платок воздух из своего рта в рот или нос пострадавшего, при этом соответственно зажимает его нос или рот для поступления воздуха в легкие. Частота искусственного дыхания не должна превышать 10—12 раз в минуту.

Для наружного массажа сердца пострадавшему освобождают грудную клетку от одежды и укладывают спиной на жесткую поверхность. Оказывающий помощь становится рядом с пострадавшим, занимая такое положение, при котором возможен значительный над ним наклон. Накладывают на нижнюю часть грудной клетки пострадавшего ладонь вытянутой руки, а сверху ее накладывают ладонью другой руки для увеличения силы давления. Надавливают на грудную клетку быстрым толчком примерно один раз в секунду, так чтобы продвинуть нижнюю часть грудины вниз, в сторону позвоночника, на 3—4 см. После каждого надавливания быстро отнимают руки от грудной клетки, чтобы не мешать свободному ее выпрямлению. Массаж сердца можно проводить в паузы между искусственными вдыханиями. В этом случае оказывающих помощь должно быть двое.

## 25.4. Пожарная безопасность

Обеспечение пожарной безопасности на предприятии закладывается при планировке зданий и сооружений. Здания и сооружения на территории предприятия раз-

мещаются с соблюдением требований и норм пожарной безопасности.

Производственные и вспомогательные помещения оборудуются запасными выходами для эвакуации работников. Во всех производственных и вспомогательных помещениях должны быть вывешены схемы эвакуации людей и ценных предметов в случае пожара. При этом одним из обязательных условий является кратчайшее расстояние от рабочего места до выхода, а также обязательное выполнение требований инструкции по порядку эвакуации из помещения в случае пожара. Этим предупреждаются возможные несчастные случаи, повреждения и травмы при выходе людей из помещения при пожаре.

При работе на металлорежущих станках необходимо соблюдать инструкции по обработке материалов, которые создают концентрацию пылевой взрывоопасной взвеси в воздухе, например из магниевых сплавов. Смазочные материалы следует убирать в тумбочку, с тем чтобы исключить возгорание при попадании раскаленной стружки. Неиспользованные обтирочные материалы также следует хранить в тумбочке, а использованные, промасленные обтирочные материалы относить в специально отведенные места. Следует также помнить, что при обработке деталей допускается кратковременная перегрузка станка. При длительной перегрузке станка, т.е. при нагрузках, превышающих мощность электродвигателя, он перегревается и может сгореть. Поэтому при появлении признаков возгорания двигателя необходимо обесточить станок и вызвать дежурного электрика. Следует помнить, что тушить электродвигатель водой нельзя, так как ток распространяется во влажной среде и это может вызвать поражение элект-

трическим током рабочего и окружающих.

Быстрое обнаружение загорания и немедленное сообщение об этом мастеру и пожарной дружине является важным условием своевременного ограничения распространения и ликвидации пожара. Для сообщения о пожаре на предприятиях служат специальная система сигнализации и телефонная связь.

Пожар — процесс горения, который может быть прерван путем прекращения доступа воздуха к горящему предмету или снижения его температуры. В цехах, обычно в специальных шкафах, размещены краны и рукава с насадками для управления струей воды, ящики с песком и щиты с инструментом. Другим распространенным средством тушения пожара, особенно при загорании оборудования, являются огнетушители (воздушно-пенные, жидкостные, порошковые, углекислотные и др.). Наиболее распространены воздушно-пенные огнетушители различной производительности, при использовании которых образуется слой пены на горящем предмете и изолирует его от притока свежего воздуха.

#### Контрольные вопросы

1. Расскажите об основном назначении законодательства по охране труда.
2. Назовите технические средства безопасности общей и индивидуальной защиты.
3. Какие требования по безопасности предъявляются к работающим в цехах предприятия?
4. Какие требования по безопасности труда следует выполнять на рабочем месте?
5. Назовите методы защиты от поражения электрическим током.
6. Какие необходимы меры для предупреждения загорания?

#### Список рекомендуемой литературы

Бабушкин А. З., Новиков Ю. В., Схиртладзе А. Г. Технология изготовления металлообрабатывающих станков и автоматических линий. М., 1982.  
Дибнер Л. Г. Справочник молодого заточника металлорежущего инструмента. М., 1984.  
Драгун А. П. Режущий инструмент. Л., 1986.  
Панов Ф. С., Травин А. И. Работа на

станках с числовым программным управлением. Л., 1984.  
Попов С. А. Заточка и доводка режущего инструмента. М., 1986.  
Стерин И. С. Машиностроительные материалы. Л., 1984.  
Терган В. С., Андреев И. Б., Либрман Б. С. Основы автоматизации производства. М., 1982.

# Оглавление

Введение . . . . .	3	5.3. Обработка резцами с вращающимися круглыми пластинами . . . . .	68
<b>1. Общие сведения о токарной обработке</b>	<b>4</b>	5.4. Обработка резцами с минералокерамическими пластинами . . . . .	70
1.1. Основные понятия процесса резания	4	5.5. Обработка резцами со вставками из эльбора и поликристаллических сверхтвердых материалов . . . . .	72
1.2. Обрабатываемые конструкционные материалы . . . . .	4	5.6. Режимы резания при точении . . . . .	72
1.3. Режущий инструмент . . . . .	7	5.7. Обработка фрезерованием . . . . .	75
1.4. Инструментальные материалы . . . . .	16	5.8. Контроль деталей . . . . .	77
1.5. Заточка инструмента . . . . .	19	<b>6. Обработка канавок и торцовых поверхностей</b>	<b>78</b>
<b>2. Токарно-винторезные станки</b>	<b>23</b>	6.1. Резцы для обработки торцов и уступов . . . . .	78
2.1. Основные типы токарных станков	23	6.2. Прорезание канавок и отрезание заготовок . . . . .	79
2.2. Классификация токарно-винторезных станков . . . . .	24	6.3. Фрезерование пазов . . . . .	80
2.3. Главный привод станка. Механизм и коробка подачи . . . . .	25	6.4. Контроль наружных уступов, торцов и канавок . . . . .	81
2.4. Суппорт, фартук, задняя бабка и система смазывания станка . . . . .	27	<b>7. Обработка отверстий</b>	<b>82</b>
2.5. Общие сведения о кинематической схеме токарного станка . . . . .	31	7.1. Сверление и рассверливание . . . . .	82
2.6. Токарно-винторезный станок модели 16К20 . . . . .	32	7.2. Зенкерование. Развертывание . . . . .	86
<b>3. Приспособления</b>	<b>38</b>	7.3. Растачивание . . . . .	86
3.1. Классификация приспособлений . . . . .	38	<b>8. Обработка конических поверхностей</b>	<b>88</b>
3.2. Кулачковые патроны . . . . .	40	8.1. Способы обработки . . . . .	88
3.3. Центры. Хомутики . . . . .	42	8.2. Обработка центровых отверстий . . . . .	92
3.4. Поводковые, цанговые и мембранные патроны . . . . .	43	8.3. Контроль конических поверхностей	93
3.5. Способы закрепления заготовок на станке . . . . .	45	<b>9. Обработка фасонных поверхностей</b>	<b>94</b>
3.6. Приводы приспособлений . . . . .	48	9.1. Инструмент для обработки фасонных поверхностей . . . . .	94
3.7. Вспомогательный инструмент . . . . .	51	9.2. Обработка проходными резцами . . . . .	95
<b>4. Технологический процесс обработки заготовок</b>	<b>53</b>	9.3. Обработка фасонными резцами . . . . .	96
4.1. Основные понятия технологического процесса . . . . .	53	9.4. Контроль фасонных поверхностей	98
4.2. Основные виды техникологической документации . . . . .	54	<b>10. Нарезание резьбы</b>	<b>99</b>
4.3. Технологические базы . . . . .	54	10.1. Общие сведения о резьбах . . . . .	99
4.4. Точность обработки . . . . .	57	10.2. Нарезание наружной резьбы резцами . . . . .	101
4.5. Наладка и настройка станка . . . . .	60	10.3. Нарезание прямоугольной, трапецидальной и многозаходной резьб . . . . .	105
4.6. Рациональная организация рабочего места токаря . . . . .	62	10.4. Нарезание резьбы плашками и метчиками . . . . .	107
<b>5. Обработка наружных цилиндрических поверхностей</b>	<b>63</b>	10.5. Нарезание резьбы многониточными резцами . . . . .	108
5.1. Обработка резцами с пластинами из твердых сплавов . . . . .	63	10.6. Нарезание резьбы резьбонарезными головками . . . . .	110
5.2. Обработка быстрорежущими резцами. Чистовая обработка . . . . .	68	10.7. Накатывание резьбы . . . . .	113
		10.8. Контроль резьбы . . . . .	114

<b>11. Отделочная и пруночная обработка поверхностей деталей . . . . .</b>	<b>115</b>	<b>16.2. Насосы . . . . .</b>	<b>173</b>
11.1. Доводка поверхностей деталей . . . . .	115	16.3. Контрольно-распределительная аппаратура и исполнительные органы	174
11.2. Выглаживание поверхностей деталей. Алмазное выглаживание . . . . .	118	16.4. Типы и элементы пневмоприводов	177
11.3. Обработка обкатыванием и раскатыванием. Накатывание . . . . .	122	<b>17. Автоматизация и механизация токарной обработки . . . . .</b>	<b>180</b>
11.4. Обработка абразивной лентой . . . . .	124	17.1. Общие сведения . . . . .	180
<b>12. Основы теории резания металлов</b>	<b>125</b>	17.2. Токарные станки специального назначения . . . . .	183
12.1. Вклад отечественной науки в исследование процессов резания металлов . . . . .	125	17.3. Одношпиндельные токарные автоматы . . . . .	184
12.2. Образование стружки и сопровождающие его явления . . . . .	125	17.4. Многошпиндельные автоматы . . . . .	186
12.3. Тепловые явления при резании металлов . . . . .	127	17.5. Токарно-затыловочные станки . . . . .	187
12.4. Изнашивание режущих инструментов . . . . .	127	<b>18. Основы программного управления станками . . . . .</b>	<b>189</b>
12.5. Влияние смазочно-охлаждающей жидкости на процесс резания . . . . .	129	18.1. Общие сведения о системах программного управления . . . . .	189
12.6. Жесткость и вибрации системы станок — приспособление — инструмент — деталь . . . . .	130	18.2. Классификация СЧПУ . . . . .	191
12.7. Основные факторы, влияющие на силу резания . . . . .	131	18.3. Сведения об основных кодах . . . . .	192
12.8. Шероховатость. Точность обработки деталей . . . . .	132	18.4. Программоносители . . . . .	194
12.9. Паспорт токарного станка . . . . .	134	18.5. Запись управляющей информации	194
12.10. Испытание и проверка станка на геометрическую точность . . . . .	134	18.6. Подготовка и кодирование управляющих программ . . . . .	196
12.11. Основные сведения о фрезеровании . . . . .	137	18.7. Устройство ввода и считывания программы . . . . .	201
12.12. Основные сведения об абразивной обработке . . . . .	138	<b>19. Токарные станки с ЧПУ . . . . .</b>	<b>204</b>
<b>13. Производственный и технологический процессы . . . . .</b>	<b>139</b>	19.1. Классификация . . . . .	204
13.1. Типы производства . . . . .	139	19.2. Обозначение осей координат и направлений движений . . . . .	204
13.2. Производительность труда и пути ее повышения . . . . .	139	19.3. Конструктивные особенности токарных станков с ЧПУ . . . . .	205
13.3. Выбор рациональных режимов обработки . . . . .	144	19.4. Токарные станки моделей 16А20Ф3 и МК6713 с ЧПУ . . . . .	214
13.4. Экономическая оценка технологических процессов . . . . .	146	<b>20. Наладка и эксплуатация токарных станков с ЧПУ . . . . .</b>	<b>230</b>
<b>14. Машины, механизмы и механические передачи . . . . .</b>	<b>148</b>	20.1. Наладка токарного станка с ЧПУ	230
14.1. Основные сведения . . . . .	148	20.2. Инструмент для токарных станков с ЧПУ . . . . .	231
14.2. Механические передачи токарных станков . . . . .	148	20.3. Органы управления станками. Подготовка систем ЧПУ к работе . . . . .	234
14.3. Соединения . . . . .	151	20.4. Режимы работы оперативной системы управления . . . . .	240
14.4. Муфты, механизмы обгона. Реверсивные и кулачковые механизмы	154	20.5. Подготовка, составление и ввод управляющей программы . . . . .	243
<b>15. Электрооборудование токарных станков . . . . .</b>	<b>157</b>	<b>21. Токарно-револьверные станки . . . . .</b>	<b>248</b>
15.1. Асинхронный электродвигатель . . . . .	157	21.1. Основные типы токарно-револьверных станков . . . . .	248
15.2. Двигатели постоянного тока . . . . .	160	21.2. Шпиндельная бабка, механизм подачи и зажима прутка . . . . .	249
15.3. Аппаратура управления и защиты электропривода . . . . .	162	21.3. Револьверные суппорты . . . . .	249
15.4. Электроизмерительные приборы . . . . .	167	21.4. Кинематическая схема токарно-револьверного станка . . . . .	253
15.5. Электрическая схема токарного станка . . . . .	169	21.5. Особенности наладки и настройки токарно-револьверных станков . . . . .	254
<b>16. Гидро- и пневмоприводы токарных станков . . . . .</b>	<b>171</b>	21.6. Цикловое программное управление станками . . . . .	261
16.1. Основные элементы гидросистем	171	21.7. Токарно-револьверные станки с числовым программным управлением	262
		<b>22. Токарно-карусельные станки . . . . .</b>	<b>268</b>
		22.1. Одностоечные токарно-карусельные станки . . . . .	268

22.2. Подвесной пульт управления станка модели 1512 . . . . .	274	<b>24. Основы стандартизации и качества продукции . . . . .</b>	<b>292</b>
22.3. Двухстоечные токарно-карусельные станки. Приспособления и вспомогательный инструмент . . . . .	275	24.1. Основные положения стандартизации . . . . .	292
22.4. Обработка наружных и внутренних цилиндрических поверхностей . . . . .	277	24.2. Основные положения ЕСКД, ЕСТПП и метрологического обеспечения производства . . . . .	293
22.5. Обработка торцовых поверхностей	278	24.3. Управление качеством продукции	295
22.6. Обработка с использованием приспособлений . . . . .	279	<b>25. Требования безопасности на предприятии . . . . .</b>	<b>296</b>
22.7. Токарно-карусельные станки с ЧПУ	281	25.1. Требования безопасности на территории предприятия . . . . .	296
<b>23. Сведения по сопротивлению материалов . . . . .</b>	<b>286</b>	25.2. Требования безопасности в цехах предприятия . . . . .	297
23.1. Основные положения . . . . .	286	25.3. Электробезопасность . . . . .	298
23.2. Деформации деталей под действием нагрузки . . . . .	286	25.4. Пожарная безопасность . . . . .	299
23.3. Расчет бруса при изгибе . . . . .	288	Список рекомендуемой литературы . . . . .	300
23.4. Расчет бруса при кручении . . . . .	290		
23.5. Механические свойства металлов и методы их определения . . . . .	291		



*Учебное издание*

**Фещенко Владимир Николаевич  
Махмутов Рафазль Хусяинович**

## **ТОКАРНАЯ ОБРАБОТКА**

**Редактор В. А. Козлов  
Художник К. Э. Семенков  
Художественный редактор Ю. Э. Иванова  
Технический редактор Л. А. Маркова  
Корректор Г. Н. Буханова  
Оператор С. Н. Луговая**

**Лицензия ИД № 06236 от 09.11.01.**

Изд. № РЕНТ-319. Подписано в печать 11.03.05. Формат 70 × 100/16.  
Бумага офсетная. Печать офсетная. Объем 24,7 усл. печ. л., 25,35 усл. кр.-отт.,  
Тираж 3000 экз. Заказ № 4917.

**ФГУП «Издательство «Высшая школа», 127994, Москва, ГСП-4,  
Неглинная ул., 29/14.**

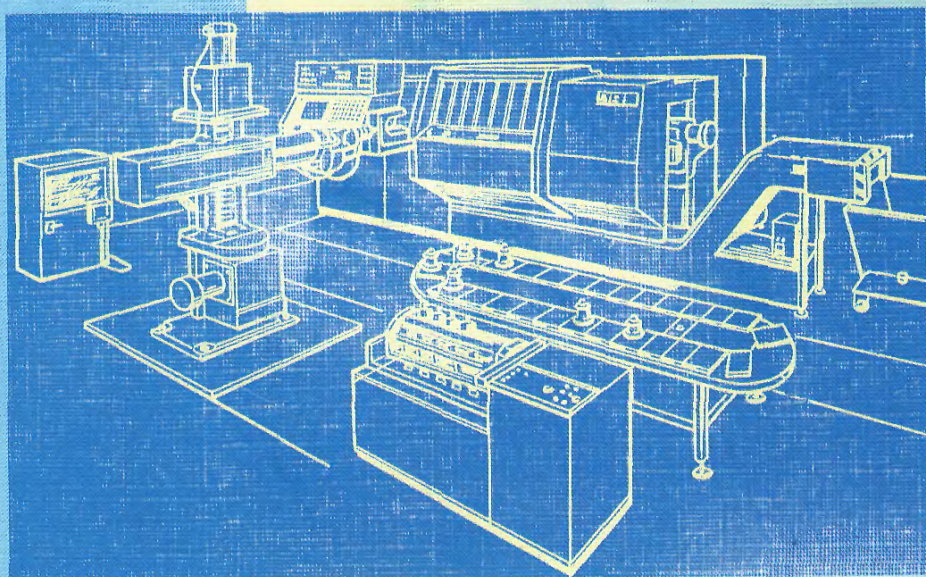
**Тел.: (095) 200-04-56.**

**<http://www.v-shkola.ru>. E-mail: [info@v-shkola.ru](mailto:info@v-shkola.ru)**

**Отдел реализации: (095) 200-07-69, 200-59-39, факс: (095) 200-03-01.  
E-mail: [sales@v-shkola.ru](mailto:sales@v-shkola.ru)**

Отпечатано в полном соответствии с качеством  
предоставленных диапозитивов на ФГУП ордена «Знак Почета»  
Смоленская областная типография им. В. И. Смирнова.  
214000, г. Смоленск, проспект им. Ю. Гагарина, 2

# Токарная обработка



ISBN 5-06-004324-X



9 785060 043242